

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**SLEDOVÁNÍ DOPADU POVRCHOVÝCH
ÚPRAV NA OPOTŘEBENÍ LAN**

**MONITORING THE IMPACT OF SURFACE
TREATMENT ON ROPES WEAR**

Liberec 2013

PETR MOTYČKA

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr Motyčka**
Osobní číslo: **T11000078**
Studijní program: **N3108 Průmyslový management**
Studijní obor: **Management jakosti**
Název tématu: **Sledování dopadu povrchových úprav na opotřebení lan**
Zadávající katedra: **Katedra hodnocení textilií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte literární rešerši na téma oděr a hodnocení oděru (tření) materiálů se zaměřením na hodnocení oděru lan.
2. Navrhněte experiment hodnocení oděru / povrchového opotřebení na vzorcích neupravených lan a lan upravených různými prostředky proti průniku vody. Účinnost provedené úpravy testujte simulačním experimentem působením nízkých teplot na vodou kontaminované vzorky.
3. Vyhodnoťte experiment a formulujte závěry o vlivu provedených úprav povrchových vrstev lan na uživatelské vlastnosti lan.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **50 - 60 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Pastrnek, R, Vlach, P.: Finální úpravy textilií, skriptum TU Liberec, 2002
2. HU J.: Fabric testing. Woodhead Publishing Limited, Cambridge England, 2008.
3. ČSN EN ISO 12947-1 Textile - Zjišťování odolnosti plošných textilií v oděru metodou Martindale (800846), ČNI, Praha, 1999.


Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jitka Nováková


Katedra materiálového inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **31. října 2012**

Termín odevzdání diplomové práce: **27. května 2013**


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka




Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 4. ledna 2013

P r o h l á š e n í

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci dne 27. 5. 2013

Poděkování

Tímto bych chtěl srdečně poděkovat všem zúčastněným v průběhu realizace mé diplomové práce.

Jmenovitě patří poděkování především paní Ing. Jitce Novákové za její čas, vedení a pomoc, dále celé fakultě textilní a jejímu vedení za pomoc, možnost studia a realizace této práce a v neposlední řadě paní Ing. Lence Hrubé a firmě Lanex, a.s. za poskytnutý čas, materiál a informace.

Poděkování směřuji i celé mé rodině a přátelům za podporu po celou dobu mého studia.

Abstrakt

Předložená práce se zaměřuje na oděr a hodnocení oděru materiálů se zaměřením na hodnocení oděru lan. Práce si klade za cíle zjistit vliv různých prostředků proti průniku vody na lana a porovnat výsledky s lany bez povrchových úprav. Účinnost provedené úpravy bude testována simulačním experimentem působením nízkých teplot na vodou kontaminované vzorky. Poslední část práce se bude věnovat vyhodnocení experimentu a formulování závěrů o vlivu provedených povrchových úpravách opletu lan na jejich vlastnosti.

Klíčová slova

hodnocení oděru; Martindale; horolezecké lano; povrchová úprava; průnik vody; polyamid; polyester; polypropylen

Abstract

The present study focuses on abrasion and abrasion rating of materials with a focus on the abrasion rating of ropes. The work aims to ascertain the impact of various preparation against the penetration of water to the ropes and compare the results the ropes without surface treatment. The effectiveness of the adjustments will be tested by the instrumentality of low temperatures on water contaminated specimens. The last part will focus on the evaluation of the experiment and formulating the conclusions about the effects of implemented surface treatments braid ropes on their properties.

Keywords

abrasion rating; Martindale; climbing rope; surface treatment; water penetration; polyamide; polyester; polypropylene

Obsah

Úvod.....	9
I Teoretická část.....	10
1 Lano.....	10
1.1 Definice	10
1.2 Názvosloví.....	11
1.3 Základní druhy struktur	11
1.4 Konstrukce.....	13
1.5 Výroba	14
1.5.1 Jádro.....	14
1.5.2 Oplet.....	14
1.6 Používané materiály	16
1.6.1 Polyamid	16
1.6.2 Polyester.....	17
1.6.3 Polypropylen.....	17
1.7 Povrchové úpravy	18
1.7.1 Hydrofilní úprava.....	18
1.7.2 Povrchové úpravy lan	19
1.7.3 Základní údaje o přípravku BIONIC FINISH ECO®	20
2 Oděr.....	21
2.1 Odolnost textilie proti oděru.....	21
2.2 Posuzování oděru.....	22
2.3 Opotřebením lana	23
2.4 Životnost lana	24
2.5 Přístroj Martindale.....	25
2.5.1 Popis přístroje	26
2.5.2 Podstata zkoušky.....	27
2.6 Metody měření oděru délkových textilií	28
2.6.1 Metoda příze o přízi	28
2.6.2 Metoda příze o definovaný povrch	29
II Praktická část	30
1 Návrh experimentu.....	30
2 Materiály a technologie použité při přípravě vzorků	32

3 Použitý materiál pro oděr	33
4 Úprava opletů teflonem.....	35
5 Úprava opletů hydrofobním přípravkem.....	36
5.1 Pokyny pro požití přípravku:	36
5.2 Samotný postup nanesení přípravku na oplety	37
6 Simulace působení nízkých teplot na oplety	37
7 Příprava vzorků	38
8 Příprava oděracího prostředku	40
9 Příprava zařízení.....	41
9.1 Pomocné přípravky.....	42
9.2 Postup přípravy zařízení před měřením.....	43
9.3 Podmínky testování	45
10 Testování jednotlivých vzorků	45
10.1 Testování vzorků za sucha.....	46
10.1.1 Příprava před měřením.....	46
10.1.2 Průběh oděrání	47
10.1.3 Postup po měření	47
10.2 Testování vzorků za mokra	48
10.2.1 Příprava před měřením.....	48
10.2.2 Průběh oděrání	49
10.2.3 Postup po měření	50
10.3 Cyklus oděru v průběhu testování	51
11 Vyhodnocení	53
11.1 Vyhodnocení pomocí dvoufaktorové analýzy rozptylu - ANOVA.....	54
11.2 Polyamid.....	55
11.3 Polyester	57
11.4 Polypropylen.....	58
III Závěry a doporučení	60
Seznam použité literatury	61
Seznam obrázků.....	63
Seznam tabulek.....	64
Seznam příloh	65

Seznam použitých symbolů

%	procento
°C	stupně Celsia
μm	mikrometry
aj.	a jiné
atd.	a tak dále
č.	číslo
Δ m	úbytek hmotnosti vzorku [g]
dtex	decitex
f	pádový faktor [-]
g	gramy
H	délka pádu [m]
IR lampy	infra-červené lampy
IS	interval spolehlivosti
kg	kilogramy
L	pracovní délka lana [m]
m0	hmotnost vzorku před zkouškou [g]
m1	hmotnost vzorku po zkoušce [g]
ml	mililitry
mm	milimetry
např.	například
p	atmosférický tlak [kPa]
PAD	polyamid
PES	polyester
PPV	polypropylen
S	levotočivý zákrut
t	teplota vzduchu [°C],
tzv.	takzvané
UV	ultrafialové záření
Z	pravotočivý zákrut
φ	relativní vlhkost [%]

Úvod

Lana se využívají v mnoha oblastech lidské činnosti. Slouží k zavěšení, vlečení nebo zdvihu různých břemen, lze je využít k zajištění stability výškových staveb a pro vypnutí nebo napnutí jiných těles. Různé druhy kovových (ocelových) lan jsou využity v průmyslu, energetice, zemědělství, lesnictví, dopravě nebo vojenství [05]. Existují speciální lana, která se využívají pro různé rekreační a sportovní aktivity. Velký význam mají také horolezecká lana, která jsou základní pomůckou při horolezectví a zajišťují bezpečnost lezce [06].

Práce se zaměřuje na oděr a hodnocení oděru materiálů se zaměřením na hodnocení oděru lan vyrobených z polyamidu, polypropylenu a polyesteru. Cílem práce je zjištění vlivů různých prostředků proti průniku vody do lana a porovnat výsledky s lany bez povrchových úprav. Účinnost provedené úpravy bude testována simulačním experimentem působením nízkých teplot na vodou kontaminované vzorky a následným oděrem na odíracím zařízení Martindale.

Pro experiment budou použita lana bez povrchové úpravy, s povrchovou úpravou teflonem a lana bez povrchové úpravy, na která bude nanesen hydrofobní přípravek.

Poslední část práce se bude věnovat vyhodnocení experimentu a formulování závěrů o vlivu provedených povrchových úpravách opletu lan na jejich vlastnosti.

V rámci provedené předběžné teoretické studie lze předpokládat, že lana bez povrchových úprav kontaminovaná vodou budou po vystavení nízkým teplotám vykazovat horší mechanické vlastnosti oproti lanům s povrchovou úpravou. Dle předpokladu dojde u neupravených lan k většímu průniku vody do struktury a k následnému poškození krystaly ledu. Poškození struktury by se mělo projevit na sníženém počtu cyklů oděrání.

I Teoretická část

1 Lano

1.1 Definice

Lano se řadí mezi jednorozměrné (1D) délkové textilie vyznačující se vysokou pevností v tahu (ve směru osy lana), ale velkou flexibilitou v ostatních směrech. Pevnost lana je dána vlastnostmi jednotlivých strukturních prvků lana, jejich vzájemnou soudružností (adhezí) a také konstrukcí lana. Vyrábí se stáčením, splétáním nebo oplétáním jádra [15]. Výrobky, které mají stejnou konstrukci, ale malý průměr (menší než 8 mm), jsou označovány jako šňůry. Jak je uvedeno v literatuře [15], lze je rozdělit dle:

a) použitých vláknenných surovin:

- syntetické (např. polyamid, polyester, polypropylen),
- přírodní materiály (např. juta, konopí, bavlna),

b) účelu použití:

- statická (pro zajištění a držení břemen),
- dynamická (pro absorbování energie),

c) technologie výroby:

- stáčené,
- splétané s jádrem nebo bez jádra,
- ovíjené.

1.2 Názvosloví

V textu práce budou používány pro zpřehlednění a sjednocení názvosloví tyto termíny [09]:

- **filament** – základní vlasová jednotka lana (nejmenší část), prochází nepřerušovaně celou délkou lana,
- **vlákno** – soubor filamentů – multifil,
- **příze** – soubor vláken (setkaná vlákna – několik částečně stočených multifilů),
- **pramen** – soubor přízí (zpravidla 1 nebo 2 příze),
- **jádro** – soubor duší, je buď pletené (z příze) nebo je tvořeno svazkem stáčených šňůr (stejný počet levotočivých a pravotočivých),
- **oplet** – soubor navzájem se křížujících pramenů (32, 40 nebo 48 pramenů),

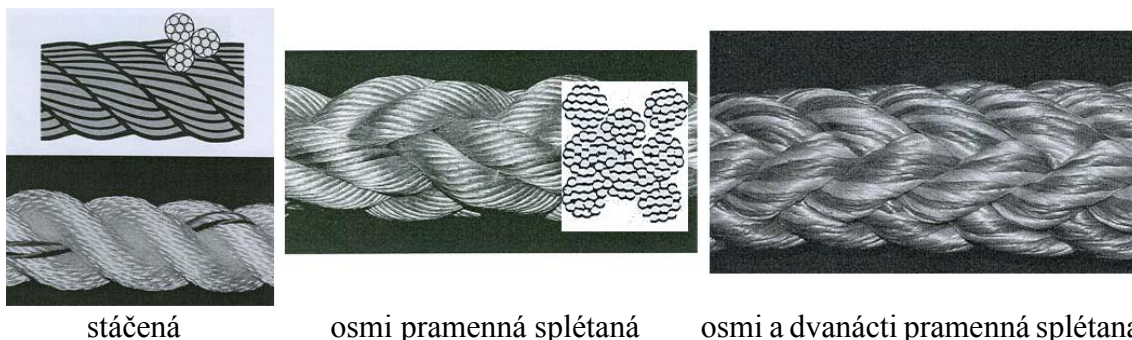
1.3 Základní druhy struktur

Jak uvádí literatura [07], základní druhy struktur lan lze rozdělit na:

a) s poměrně vysokým zákrutem nebo splétacím úhlem:

- **stáčená lana** – ze tří, čtyř a šesti pramenů. Stáčené lano se při zatížení rozkrucuje a po jeho uvolnění smyčkuje. Průměr stáčeného lana je do 120 mm,
- **osmi pramenná splétaná lana** – jsou bez centrální dutiny, nesmyčkují, nerozkrucují se. Pevnost a tažnost je srovnatelná se stáčenými lany, ale jsou náchylná na oděr. Průřez lanem je spíše čtvercový viz *Obrázek č. 1* uprostřed, průměr do 160 mm,
- **osmi a dvanácti pramenná splétaná lana** – lana mají centrální dutinu, jsou populární v malých rozměrech. Šesti a více pramenná lana mají velkou osovou dutinu a hrozí zborcení struktury do pásku. Mají vyšší pevnost a nižší tažnost než předchozí typy. Průměr lana je do 120 mm.

Obrázek č. 1 obsahuje ukázky lan s poměrně vysokým zákrutem nebo splétacím úhlem.

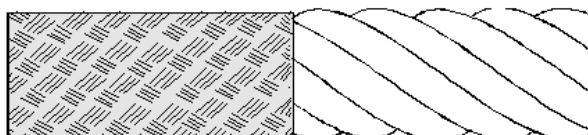


Obrázek č. 1 Lana s poměrně vysokým zákrutem nebo splétacím úhlem dle [07]

b) s nízkým zákrutem nebo splétacím úhlem – mají vysokou pevnost a nízkou tažnost, používají se pro speciální aplikace (uvazování astronautů, hlubokomořská lana, kotvicí lana, plovoucí olejové plošiny). Dělí se na:

- **dvojmo splétaná** – mají rovnoměrný přenos zatížení mezi pláštěm a jádrem. Průměr lan je do 240 mm,
- **z paralelních pramenů (přízí, filamentů) s pláštěm** – dobře přenášejí zatížení s minimálním protažením (převážně jádro – využití pevnosti příze v laně je 80 až 85 %),
- **kernmantle** – jsou podobná předchozím, ale splétaný plášť je velmi tenký, používají se pro jedinečné aplikace. Jádro je ze skaných přízí, polovina se zákrutem Z (pravotočivý) a polovina se zákrutem S (levotočivý). Průměr lan bývá 1 až 8 mm. Tato statická lana mají relativně nízkou tažnost (5 % a méně) a používají se pro záchranné práce. Dynamická lana absorbují energii a používají se pro zachycení pádu například při (horo)lezení.

c) stáčená opláštěná lana nebo lana s každým opláštěným pramenem – mají vysoké využití pevnosti, vysoký modul, jsou odolná vůči opotřebení při cyklickém pohybu v kladkách. Schéma opláštěného lana viz *Obrázek č. 2*.



Obrázek č. 2 Schéma opláštěného lana dle [07]

Práce se zaměřuje na oděr splétaných lan konstruovaných jako jádro (duše) s opletem a vyrobených z polyamidu, polyesteru a polypropylenu.

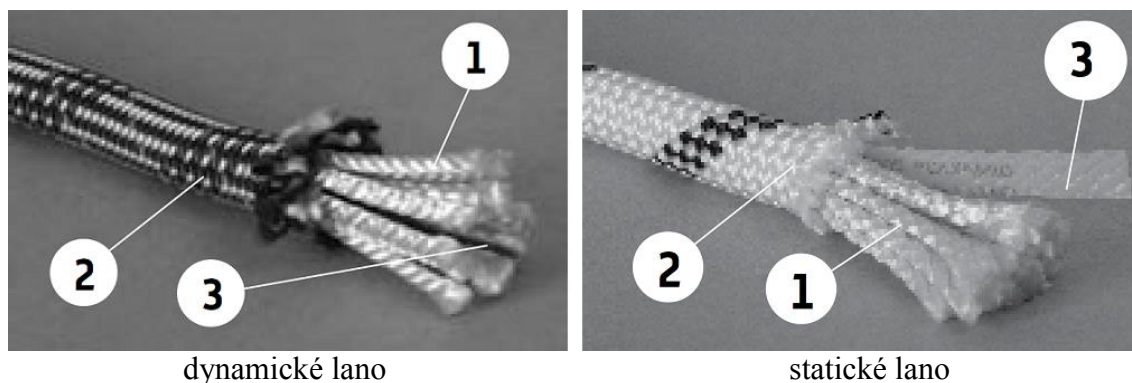
1.4 Konstrukce

Manuál horolezeckých a pracovních lan [16] uvádí, že nám poskytnutá lana se skládají z jádra a opletu (viz *Obrázek č. 3*). U dynamického (horolezeckého) lana se nachází uvnitř jádra barevná kontrolní niť, která označuje rok výroby lana. U statického lana je uvnitř opletu kontrolní páska sdělující důležité informační údaje.

Jádro lana plní hlavně nosnou funkci a skládá se z jednotlivých pramenů. Počet pramenů může být mezi 8 a 64 a jejich počet musí být vždy dělitelný čtyřmi. Polovina pramenů je stáčena vlevo (levotočivé) a druhá polovina má směr zákrutu vpravo (pravotočivé). Díky tomu se zabrání samovolnému kroucení lan v nezátíženém stavu.

Oplet lana drží jednotlivé prameny pohromadě a chrání je před různými mechanickými, chemickými, tepelnými a jinými vlivy. Zároveň se oplet z části podílí na celkové nosnosti lana. Při pletení opletů vzniká plátňová nebo keprová vazba textilie, oplet může být různě barevný (například pro lepší viditelnost) a navíc lze podle změny barvy posuzovat poškození opletu (změna barvy a vzhledu v rámci opotřebení oděrem, zažehlení, roztavení, zasažení chemikálií, UV zářením).

Změna barvy stárnutím ale není u všech lan pravidlem. Některá lana v průběhu času barvu neztrácí, i když je lano staré a je nutné jeho vyřazení. Proto někteří výrobci do jádra zaplétají barevnou kontrolní niť pro určení stáří nebo kontrolní štítek s důležitými informacemi o lanu.



Obrázek č. 3 Struktura lana dle [16]:

- 1 – jádro (duše) tvořené prameny,
- 2 – oplet,
- 3 – kontrolní nit' (dynamické lano) / páska (statické lano).

1.5 Výroba

1.5.1 Jádro

Výroba jádra se skládá z výroby příze prstencovým, vřetenovým dopřádáním. Z příze je vyrobena skaná příze použitím prstencového, vřetenového dopřádání s dvojzákrutem. Posledním krokem je výroba pramene na větších křídlových, dvouzákrutových nebo alternativně na trubicových či planetárních strojích [07]. Sdružením více pramenů (8 až 64, počet pramenů musí být vždy dělitelný čtyřmi), z nichž je polovina levotočivých a polovina pravotočivých, získáme jádro.

1.5.2 Oplet

Oplet je vyrobený splétáním vláken a přízí, přičemž se vyrábí shodným způsobem jako příze jádra. Splétáním vzniká výrobek, který je tvořený jednou nebo více soustavami nití vzájemně provázanými vaznými body. Pro výrobu se používají dutinové splétací stroje, které mají křídlová kola uspořádaná do tvaru uzavřeného kruhu. V nich se pohybují běžce s paličkami ve dvou drahách. Běžec s paličkou unáší cívku s nití, z které vzájemným splétáním s nitěmi ostatních běžců vzniká šňůra nebo lano. Polovina běžců s paličkami se pohybuje ve směru hodinových ručiček a druhá polovina proti směru

hodinových ručiček. Vzájemným postavením běžců je určeno, zda vzniká vazba plátňová nebo keprová, viz *Obrázek č. 4*, vlevo je postavení běžců pro plátňovou vazbu, vpravo postavení běžců pro keprovou vazbu.



Obrázek č. 4 Postavení běžců splétacích kruhových strojů dle [07]

A – vodící dráhy a vzniklá plátňová vazba

B – vodící dráhy a vzniklá keprová vazba

Dle literatury [07] se dutinové splétací stroje označují **zlomkem**, kde číselník udává počet běžců jedné hlavy a jmenovatel udává počet hlav na stroji. Například stroj 40/2 má dvě samostatné hlavy a v každé 40 běžců.

Unášec cívek lze na stroji rozmístit do konfigurace označované jako tandem. V této konfiguraci má výsledná šňůra (lano) poloviční počet pramenů vzhledem ke standardní konfiguraci. Poté na 48 paličkovém stroji vzniká 24 vazná šňůra (lano). Uspořádání paliček do hnízda neboli tzv. **tandemového pletení** se dosáhne tak, že nitě dvou paliček jsou vedeny spolu.

U kruhových splétacích strojů leží nad středem kruhové vodící dráhy **tryska**, což je místo vlastního splétání nití. Průměr trysky je dán průměrem lana.

Při pohybu běžce při pletení se mění jeho vzdálenost od místa odvádění výrobku. To se projevuje kolísáním tahové síly ve splétané niti (lanu). Napětí opletových přízí má vliv na výslednou tuhost šňůry (lana) a proto je pro zajištění rovnoměrné tahové síly běžec vybaven zařízením umožňujícím vytvořit požadovanou tahovou sílu v niti. Jako zařízení se používá **průžina** (u starších strojů závaží) [20].

Splétací stroj může být v určité vzdálenosti vybaven infračervenými lampami (**IR lampami**), které lze dle potřeby nastavit na požadovanou teplotu (nebo mohou být

vypnuty) přičemž vznikající šňůra (lano) může být přes tyto lampy vedeno jedním nebo dvěma průchody. IR lampy slouží mimo jiné k tepelné fixaci šňůry (lana).

1.6 Používané materiály

Horolezecká lana byla v minulosti vyráběna z přírodních materiálů (například konopí, bavlna, juta, sisal) a měla výrazně menší pevnost, nosnost a vyšší hmotnost. Hůře odolávala oděru a přírodním vlivům. V dnešní době se přírodní lana používají převážně ve sportu, například jutová lana při tělesné výchově na šplhání [11].

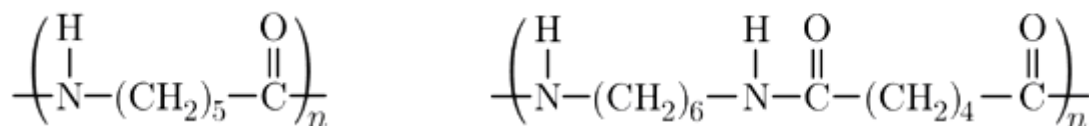
Pro výrobu dnešních lan se nejčastěji používá polyamid, polyester, polypropylen. Z méně často používaných lze jmenovat různá speciální aramidová vlákna (například Kevlar, Twaron, Nomex), Dyneema, uhlíková vlákna nebo vlákna skleněná.

Jak bylo zmíněno, v dnešní době se využívá celá řada syntetických materiálů, přičemž každý lépe vyhovuje pro jiný druh použití. Dle použitého materiálu získá lano své parametry, mezi které patří například pevnost, tažnost nebo odolnost v oděru. Tato práce se zabývá převážně horolezeckými lany z polyamidu, polyesteru a polypropylenu, pro tyto materiály jsou uvedeny jejich vlastnosti níže.

1.6.1 Polyamid

Dle práce od Hořukové [11] se pro výrobu splétaných lan ze syntetických materiálů se nejvíce používá polyamid. Z něho vyrobená lana mají oproti lanům z přírodních materiálů dvojnásobnou pevnost v tahu, mnohonásobně větší životnost (čtyřnásobnou), poloviční hmotnost, odolnost vůči opakovanému namáhání, vysokou odolnost proti oděru, nízkou navlhavost a jsou cenově dostupná. Teplota tání polyamidu je při teplotě nad 150 °C. Nevýhodou je nízká odolnost proti působení kyselin, mírné nabíjení elektrostatickou elektřinou a ve vlhku dochází k menšímu poklesu pevnosti. Na polyamid lze použít téměř všechny druhy textilních barviv. UV záření způsobuje předčasné stárnutí materiálu a snížení pevnosti.

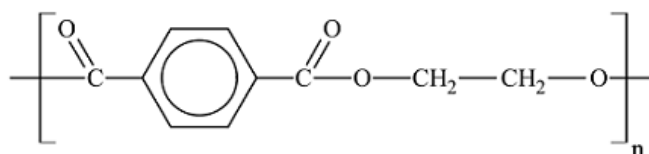
Nejčastěji používanými jsou polyamid 6 nebo polyamid 6.6. Polyamid 6 má horší uspořádání vodíkových vazeb na rozdíl od polyamidu 6 (viz *Obrázek č. 5*) a rozdíl vyjadřují čísla za názvem. Struktura uspořádání vodíkových vazeb zapříčiňuje, že polyamid 6 má bod tavení 220 °C a polyamid 6.6 má teplotu tavení 256 °C.



Obrázek č. 5 Chemická struktura - polyamid 6 vlevo, polyamid 6.6 vpravo dle [11]

1.6.2 Polyester

Polyester má podobné vlastnosti jako polyamid. Vyznačuje se dobrou odolností vůči oděru, opakovanému namáhání a nízkou tažností. Polyester má oproti polyamidu lepší odolnost proti poškození UV zářením, rychle schne a teplota tání je vyšší než 200 °C. Nevýhodou je vysoká žmolkovatost, měrná hmotnost, nízká odolnost při působení alkalických roztoků (PH > 7) a nabíjí se elektrostatickou elektřinou. Díky nízké tažnosti se polyester používá hlavně pro výrobu statických lan. Chemická struktura polyesteru viz *Obrázek č. 6* [11].

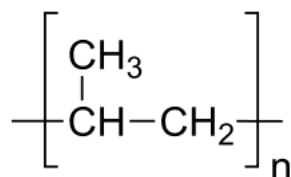


Obrázek č. 6 Chemická struktura – polyester dle [17]

1.6.3 Polypropylen

Jak se uvádí v literatuře [11], polypropylen je velmi pevný a lehký materiál. Lana vyrobená z polypropyleny mají nízkou měrnou hmotnost (menší než voda a proto plavou – použití v lodním průmyslu) a nízkou navlhavost, dobrou odolnost proti oděru, slané vodě a chemikáliím. Teplota tání je vyšší než 160 °C [19] a proto je degradace vlivem

vyšších teplot oproti polyamidu a polyesteru mnohem vyšší. Chemická struktura polypropylénu viz *Obrázek č. 7*.



Obrázek č. 7 Chemická struktura – polypropylen dle [18]

1.7 Povrchové úpravy

Pro zlepšení vlastností lan se používají různé povrchové úpravy, které chrání je proti vlhkosti, oděru, UV záření, nečistotám a tím se prodlužuje jejich životnost [16].

1.7.1 Hydrofilní úprava

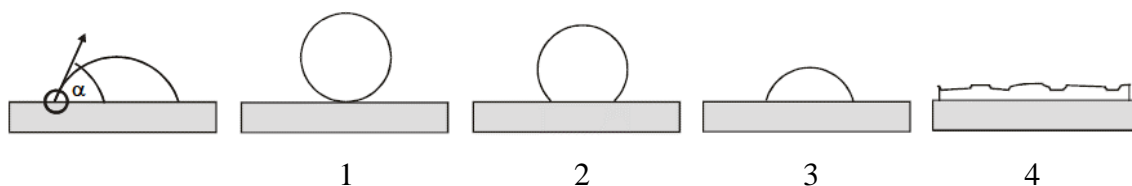
Nejčastěji se používají různé hydrofobní úpravy. Ty potlačují smáčivost textilie a propůjčují ji vodoodpudivost. Dle literatury [04] se v praxi hydrofobní úprava rozlišuje jako:

a) neprodyšná (vodotěsná), která musí odolat určitému tlaku vodního sloupce, provádí se povrstvením nebo zatíráním latexy, termoplastickými pryskyřicemi apod. Použití není vhodné pro oděvy, protože je tkanina neprodyšná a nošení je nehygienické. Používá se především pro plachtoviny všeho druhu,

b) prodyšná

- **s odperlujícím efektem**, která se aplikuje většinou na sportovní oblečení, provádí se obalením jednotlivých vláken hydrofobním tenkým filmem, propustnost vzduchu zůstává zachována, je vhodná pro svrchní pláštěoviny, větrovky a podobně,
- **nepromokavá**, která je schopna vodu nejen odrážet, ale i zabránit jejímu proniknutí tkaninou, prodyšnost je v menší míře zachována, použití například na pláště a pracovní oděvy určené do deště nebo stanoviny.

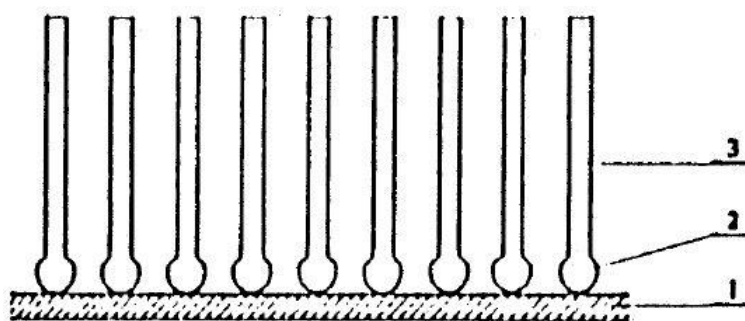
Mírou hydrofobie je úhel smáčení α , který se vytvoří na rozhraní tří fází, tj. mezi kapalinou, textilií a vzduchem. Čím vyšší je úhel smáčení, tím lepší je vodoodpudivý operlující efekt, viz *Obrázek č. 8* [04].



Obrázek č. 8 Úhel smáčení α dle [04]

- | | |
|---|--|
| 1 | $\alpha = 180^\circ$ úplná hydrofobizace; odperlování vodních kapek, |
| 2 | $\alpha > 90^\circ$ špatné smáčení, |
| 3 | $\alpha < 90^\circ$ znatelné smáčení, |
| 4 | $\alpha = 0^\circ$ úplné smáčení volným rozprostíráním. |

Dle literatury [04], se hydrofobizací musí na textilií vytvořit film, který svou elasticitou a uzavřeným, orientovaným uspořádáním molekul zamezuje vniknutí vody. Při mechanickém namáhání (tření, mačkání) se může hydrofobní vrstva narušit, takže v dotyčných místech se vodoodpudivost sníží. Uspořádání molekul hydrofobizujícího prostředku viz *Obrázek č. 9*.



Obrázek č. 9 Uspořádání molekul hydrofobizujícího prostředku dle [04]

1 - povrch tkaniny, 2 - polární skupina, 3 - hydrofobizující substituent

1.7.2 Povrchové úpravy lan

U lan je možné nanášet impregnaci už při jejich standardní úpravě. Díky tomu lano získává voděodolnost, oděruvzdornost a prodlouženou životnost. Tato úprava je u lan TENDON označována jako STANDARD [16].

Kromě standardní úpravy lze na lana aplikovat novou progresivní úpravu teflonem za použití nanotechnologie (tendon nanotechnology). Touto metodou je na oplet i jádro nanášen teflon ve velmi malých částicích, které účinně brání průniku vody, prachu a jiných částic do lana, zvyšuje se jeho voděodolnost, oděruvzdornost a životnost. Podle stupně ošetření je u lan TENDO označená úprava jako Protect Shield nebo s maximálním stupněm ošetření jako Complete Shield, při které vzniká téměř nepropustná ochranná vrstva.

1.7.3 Základní údaje o přípravku BIONIC FINISH ECO®

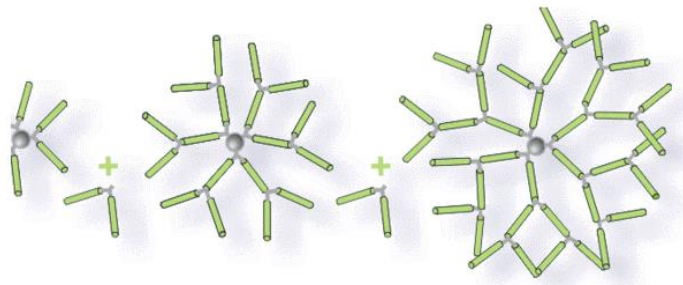
Pro hydrofobní úpravu neupravených opletů byl použit přípravek BIONIC FINISH ECO® od německé firmy Rudolf GmbH (viz *Obrázek č. 10*). Jedná se o přípravek na bázi dendrimerů, tedy syntetizovaných lineárně strukturovaných polymerů. Tyto polymery snadno tvoří síťovou strukturu a krystalizují, viz *Obrázek č. 11* [27].

Přípravek BIONIC FINISH ECO® neobsahuje fluorkarbony, je vysoce vodoodpudivý a snadno ekologicky odstranitelný.



Obrázek č. 10 Přípravek BIONIC FINISH ECO®

Po úpravě textilie přípravkem v domácích podmínkách není třeba vysoké tepelné ošetření, postačí běžné sušení na vzduchu a vyžehlení nebo usušení v sušičce na program extra suché. Z tohoto důvodu je i aplikace energeticky úsporná [27].



Obrázek č. 11 Ukázka stavby síťové struktury dendrimerů dle [27]

2 Oděr

2.1 Odolnost textilie proti oděru

Oděr lze chápat jako nejagresivnější způsob narušení povrchu plošné textilie. K narušení dochází při kontaktu textilie s jinou textilií nebo s drsným povrchem. Dochází k oděru jednotlivých vláken, ulamování, odpadávání, ucpávání pórů, prodírání vazných bodů, nesoudržnosti a tím dochází k rozpadnutí textilie [01].

Pro zkoušení odolnosti textilie proti oděru jsou simulační zkoušky, které napodobují podmínky a simulují, jak dlouho se můžeme textilií namáhat neboli oděrat v praktickém využití. Při této zkoušce se namáhání realizuje jako oděrání textilie o textilií, o hladký pevný povrch (jako je třeba hrana stolu) nebo o drsný pevný povrch (jako například cihly). Simulace skutečného oděru se provádí oděráním o brusné papíry nebo kartáče či normované textilie. Nicméně, odolnost proti oděru je pouze jedním z faktorů, které přispívají k opotřebení a snížení životnosti textilie [01].

K oděru může dojít mnoha způsoby, které zahrnují tření tkaniny o tkaninu, například při nošení oblečení. Může docházet k vtírání zrněk písku do textilií, čímž při používání dochází k dalšímu opotřebení. Je obtížné sladit podmínky oděru textilie při používání s oděrem textilie v laboratorních podmínkách. To je důvod, proč existuje mnoho různých typů strojů pro testování oděru, různé podmínky zkoušek, zkušební postupy, metody hodnocení odolnosti proti oděru a různé interpretace výsledků [01].

Pro tyto různé metody mohou být použity přístroje s pohyblivými testovacími hlavami nebo různá nastavitelná testovací zařízení. Mezi ně patří např. nafukovací membrány, protahovací a oděrací zařízení (Stoll Flex Tester), otočné válce, různé rotační platformy, zařízení pro simulaci unifikovaných opotřebení nebo bubnová oběžná kola. Oděr textilií zahrnuje oděr na ploše, v rovině, v hraně, bubnový oděr nebo různé kombinace z uvedených metod [01].

2.2 Posuzování oděru

Zkoušení oděru plošných textilií lze rozděleno podle metody testování na [01]:

- oděr v ploše (v rovině),
- oděr v hraně (v přehybu),
- oděr v běžném směru (nahodilý).

Existují dva obecné přístupy k posuzování odolnosti proti oděru [01]:

- 1) **oděr vzorku až do dosažení předem daného ukončení zkoušky** jako je například porušení vazného bodu nebo vytvoření otvoru. Při těchto testech se sleduje doba nebo počet cyklů k dosažení požadovaného poškození,
- 2) **oděr s předem definovaným časem nebo počtem cyklů** a následné posouzení struktury, vzhledu, úbytku hmotnosti, ztráty pevnosti, změny tloušťky nebo jiných relevantních vlastností zkoušeného materiálu.

Doba zkoušky pro první metodu není určena a vyžaduje, aby byl vzorek pravidelně kontrolován, zda již došlo k jeho normovanému poškození. Tento postup je časově náročný, protože zkouška může trvat dlouhé časové rozmezí.

Druhý přístup umožňuje jednodušší měření, ale může být dojit pouze k malé změně hmotnosti, pevnosti, tloušťky nebo jiných relevantních vlastností.

2.3 Opotřebení lana

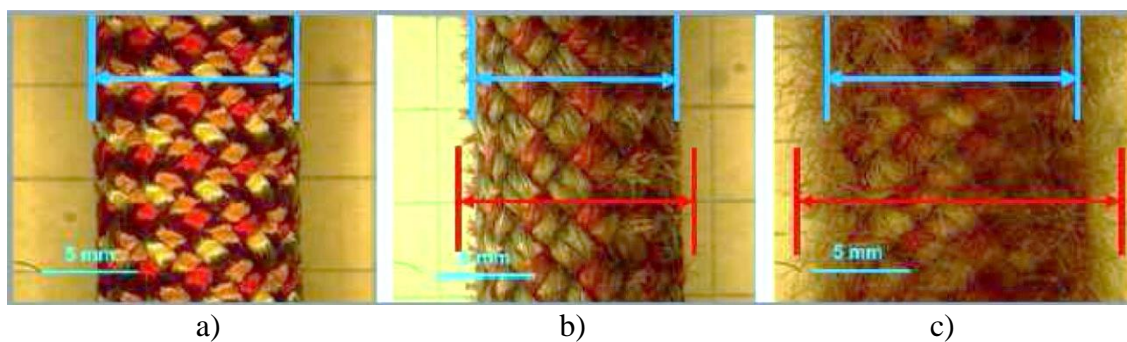
Jak je uvedeno v textu [08], každá činnost spojená s lanem v terénu způsobuje větší či menší opotřebení oděrem, jak na určitých místech lana, tak po celé jeho délce. Mezi hlavní nepříznivé podmínky pro lano patří:

- oděr (mechanické poškození),
- rázová síla (rázové zatížení při pádu),
- tření a tepelné vlivy,
- chemické poškozením,
- vlhkost (mokré a zmrzlé lano)
- UV záření.

Oděr vzniká nejvíce třením lana o skálu a o karabiny, případně lano o lano při nevhodném způsobu použití (např. při slaňování). Čím je zatížení vyšší a hrany skal (nebo materiálu, s kterým při používání přichází lano do styku) ostřejší, tím se zvyšuje i opotřebení lana. Třením o další předměty praskají malá vlákna opletu a ten začne chlupatit. Dále se začnou zvětšovat mezery mezi jednotlivými vlákny, do lana rychleji proniká vlhkost a částčky prachu, čímž je destrukce lana ještě více urychlena.

Pro zabránění průniku vlhkosti a částček prachu se na oplety používají povrchové úpravy (např. teflonem) [04].

Na ukázkou je vybrán příklad, kdy se z důvodu opotřebení průřez lana v jeho celé délce zvětšil, průměr se zvětšil o více než 1 cm a došlo k nárůstu chlupatosti opletu. Lano je při používání objemnější, má větší chlupatost a hůře se s ním manipuluje. Modré úsečky zobrazují průměr lana, červené úsečky hranici chlupatosti, viz *Obrázek č. 12*.



Obrázek č. 12 Chlupatost lana - metoda úseček dle [11]

- a) nové lano – jádro,
- b) okraj starého lana, jádro a chlupatost,
- c) střed starého lana, jádro a chlupatost.

Taktéž je vhodné uvést zmínku od Schuberta z příručky *Lano, laso, špagát...: Bezpečně v přírodě a v horách* [09], že vlhká a zmrzlá lana vydrží méně než suchá. V neposlední řadě jsou těžší a tím pádem se s nimi také hůře manipuluje. Moderní horolezecká lana mohou za normálních okolností prasknout pouze v případě, že jsou mechanicky namáhané přes ostrou hranu. Ta je dle normy UIAA 108 definována jako hrana s poloměrem 0,75 mm. Úbytek pevnosti na hranách může být až 40 %. V praxi se ale mokrá a zmrzlá lana kvůli tomuto stavu nemohou přetrhnout, pokud neleží při zatížení pádem na ostré hraně skály. Poté by se přetrhly již při menším pádovém zatížení (menší tělesná váha a/nebo menší pádová výška) a/nebo při odpovídající větší ostrosti skály (menší „poloměr“ hrany, menší sevřený úhel).

2.4 Životnost lana

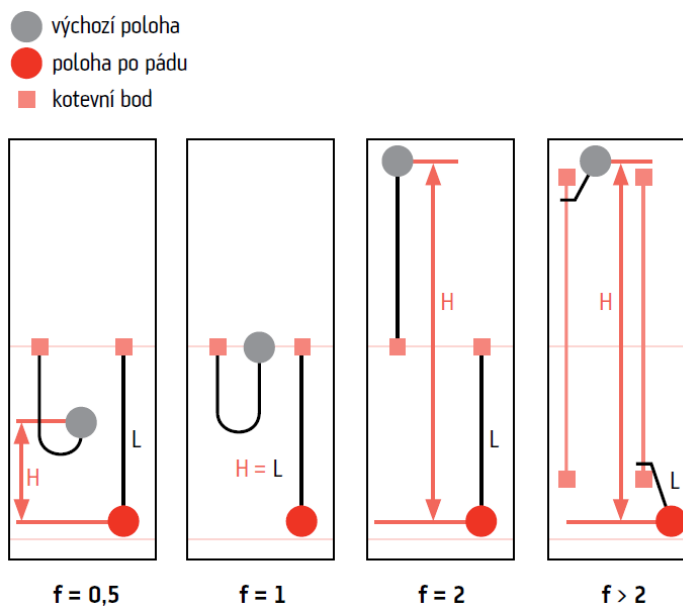
Jak uvádí literatura [21], přesně definovat životnost lana je velmi obtížné. U horolezeckých lan je důležité, aby si lezec vedl deník lana, ve kterém zaznamenává nalezené (nastoupané) a seslaňované metry, samozřejmě také pády a jejich délky.

Obecně platí, že by se lano mělo vyřadit okamžitě po těžkém pádu, tj. kdy pádový faktor přesáhne hodnotu 1. Pádový faktor (označený jako f) má velmi důležitý vliv na životnost lana, definice viz *Obrázek č. 13*.

$$f [-] = \frac{\text{délka pádu } (H) [m]}{\text{pracovní délka lana } (L) [m]}$$

Obrázek č. 13 Vztah pro výpočet pádového faktoru dle [16]

Pádový faktor může standardně nabývat hodnot od $f = 0$ až do $f = 2$, vyšší hodnota při pohybu osoby fixované na laně do pevného kotevního bodu nemůže nastat. Grafické znázornění možných pádových faktorů viz *Obrázek č. 14*.



Obrázek č. 14 Grafické znázornění možných pádových faktorů dle [16]

Lano by se mělo zlikvidovat vždy, bez ohledu na dobu použití, když [21]:

- 1) přišlo do styku s chemikáliemi, zvláště pak s kyselinami,
- 2) oplet je poškozený tak, že je viditelné jádro,
- 3) oplet je extrémně opotřebený nebo hodně roztřepený,
- 4) došlo k viditelnému posuvu opletu,
- 5) lano vykazuje silnou deformaci (ztuhnutí, vruby, místní zeslabení nebo zesílení),
- 6) lano bylo vystaveno extrémnímu zatížení (např. těžkým pádům), $f > 1$,
- 7) lano je extrémně znečištěné běžně nevypratelnými nečistotami,
- 8) došlo k poškození teplem, abrazí nebo spálení třením,
- 9) došlo k překročení životnosti doporučené výrobcem v návodu (i když lano nebylo používáno).

2.5 Přístroj Martindale

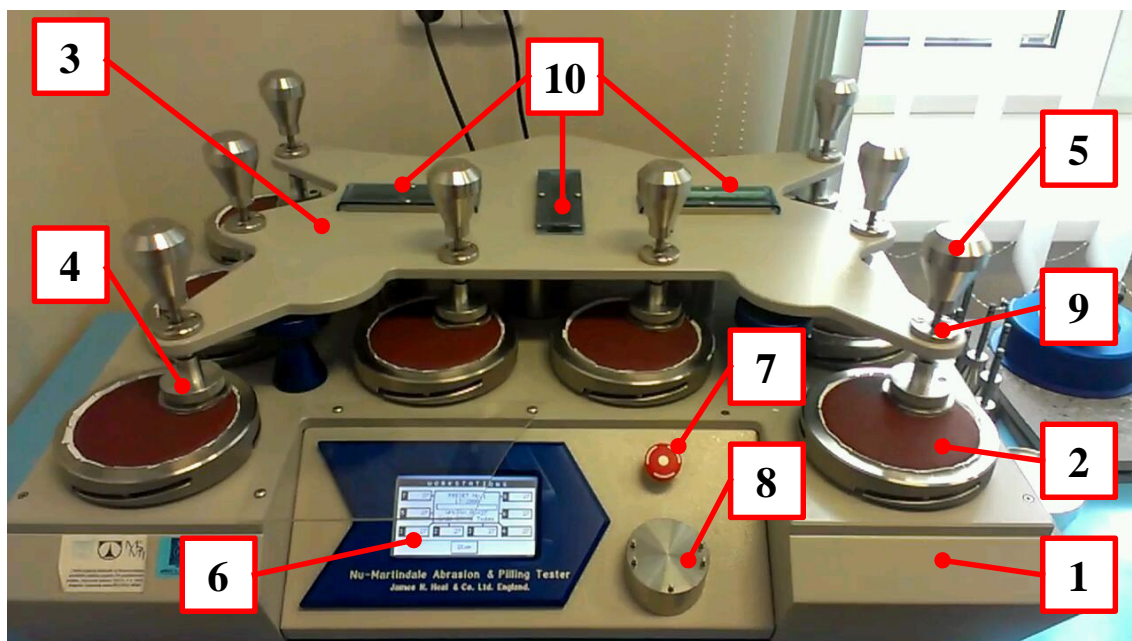
Jak bylo zmíněno již dříve v textu, existuje velké množství přístrojů, zařízení, postupů a způsobů vyhodnocení pro měření oděru. Mezi nejznámější přístroje patří Martindale, na kterém byl prováděn experiment. Patří k nejpoužívanější metodě pro testování odolnosti textilií proti oděru.

Popis zařízení, technické podmínky, způsob provedení zkoušky, vyhodnocení a další informace definuje norma ČSN EN ISO 12947. Experiment byl proveden dle části 1: Přístroj Martindale a části 2: Zjišťování poškození vzorku.

2.5.1 Popis přístroje

Martindale (viz *Obrázek č. 15*) se skládá ze základní desky, na které jsou umístěny oděrací stoly a pohonný mechanismus. Mechanismus pohánějící přístroj je složen ze dvou vnějších pohonů a jednoho vnitřního. Díky vnitřnímu pohonu je způsobeno, že vodící deska držáků sleduje Lissajousův obrazec [02].

Lissajousův obrazec jsou dle literatury [22] rovinné křivky, které vznikají skládáním dvou harmonických pohybů ve dvou navzájem kolmých přímkách. Tvar takovýchto křivek je jednoznačně zadán poměrem úhlových frekvencí a velikostí počáteční fáze. Obecně mohou být tyto křivky uzavřené i otevřené. Z hlediska praktických aplikací jsou zajímavé zejména křivky uzavřené, které vznikají tehdy, pokud je poměrem frekvencí racionální číslo. V případě zařízení martindale vzniká měnící se obrazec kružnice přes elipsu až k přímce a zpět z přímky přes tvar elipsy v opačném úhlopříčném směru až na tvar kružnice.



Obrázek č. 15 Přístroj Nu Martindale 864

- | | |
|--------------------------|--|
| 1 – základní deska, | 6 – dotykový displej a počítadlo otáček, |
| 2 – oděrací slot, | 7 – nouzový vypínač, |
| 3 – vodící deska držáků, | 8 – upínací zařízení ro přípravu vzorků, |
| 4 – držák vzorků, | 9 – ložiskové těleso, |
| 5 – závaží, | 10 – drážky pro čepy pohonných jednotek. |

Jak je uvedeno v normě [02], vodící deska držáků, je opatřena tělesy ložiska a ložisky a třemi vodícími drážkami pro hnací čepy pohonných jednotek. Ložiska mají nízké tření a nesou čepy držáků vzorků. Spodní část držáku vzorku se zasunuje do příslušného tělesa držáku vzorku. Na horní část čepu lze umístit závaží. Přístroj je vybaven dotykovým displejem s nastavitelným počítadlem otáček, možností nastavit předem definovaný počet otáček do zastavení a dalším nastavením. Na přístroji se vedle dotykového displeje nachází nouzový vypínač a upínací zařízení pro přípravu vzorků. Přístroj Nu Martindale 864 je vybaven osmi pozicemi (sloty) s oděracími plochami, do kterých se upínají oděrací textilie. Fixují se pomocí upínacího rámečku.

2.5.2 Podstata zkoušky

V normě [03] se uvádí, že kruhový vzorek, upnutý v držáku vzorků a vystavený stanovenému přítlaku, je oděrán o oděrací prostředek (standardní textilii) postupným pohybem, který sleduje Lissajousův obrazec. Držák vzorku, ve kterém je uložen oděrací prostředek, je dále volně otočný kolem své osy, kolmé k ploše vzorku. Odolnost plošné textilie vůči oděru je vyjádřena jako počet otáček potřebných k poškození vzorku.

Vzorek kruhového tvaru se v oděracím zkušebním přístroji Martindale odírá při stanoveném zatížení o oděrací prostředek postupným pohybem. Držák vzorku, ve kterém je upevněn vzorek nebo oděrací prostředek je dále volně otočný kolem své osy kolmé k horizontální ploše vzorku.

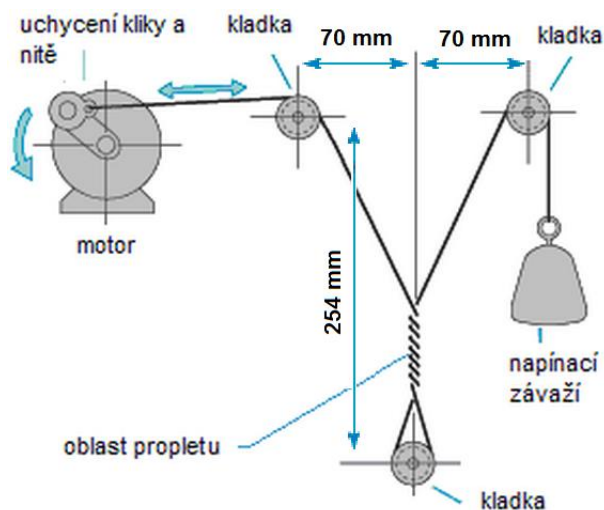
2.6 Metody měření oděru délkových textilií

2.6.1 Metoda příze o přízi

Oděr u délkových textilií (přízí) hodnotí standardní zkušební metoda pro zkoušku odolnosti příze proti oděru o přízi za sucha a za mokra. Metoda popisuje měření odolnosti přízí (vyráběných z vláken) proti oděru v suchém a mokrému stavu a platí pro příze používané v provaznictví.

Podstatou zkoušky je, že se určitý úsek příze ovine sám kolem sebe (místo propletu) a zavěsí mezi tři kladky, které vytvářejí definovaný geometrický tvar tak, aby v místě průsečíku vznikl specifický úhel. Na jeden konec příze se zavěsí závaží, kterým se aplikuje předepsané napětí. Druhý konec je tahán cyklickým pohybem na jednu a druhou stranu v definovaném zdvihu a s definovanou rychlostí až do okamžiku, kdy se příze v důsledku oděru v úseku ovinutí poruší. Zkouška může být prováděna v suchém nebo mokrému stavu [23]. Schéma pro použitou metodu viz *Obrázek č. 16*.

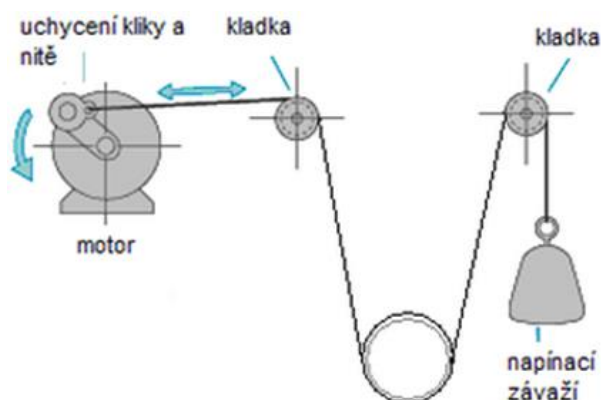
Použití této metody pro simulaci opotřebení lan není možné. Lana mají příliš velký průměr a tuhost.



Obrázek č. 16 Metoda oděru příze o přízi dle [10]

2.6.2 Metoda příze o definovaný povrch

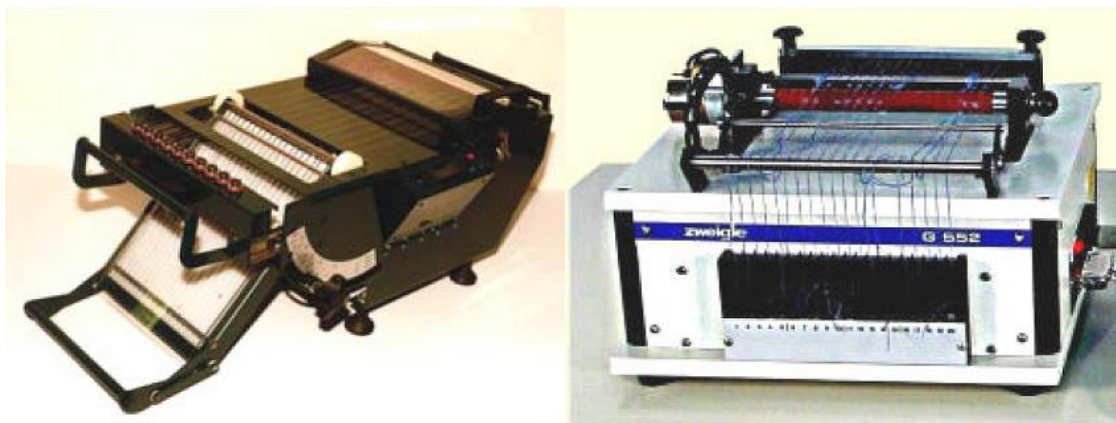
Vnější odolnost proti oděru je důležitá u mnoha aplikací délkových textilií. Modifikací předchozí metody je možné testovat oděr příze o zvolený materiál. U této metody je oblast propletu nulová a spodní kladka je nahrazena válečkem, na kterém může být na povrchu normovaná tkanina nebo smirkový papír [10].



Obrázek č. 17 Metoda oděru o definovaný povrch dle [24]

Zařízení podobné konstrukce vlastní i firma Lanex, a. s., avšak má nízkou efektivitu, současně lze měřit pouze jednu délkovou textilií (lano), tím je měření poměrně náročné na čas, a oděrací materiál (hrana) se po čase vyhladí.

Na výše popsaném principu jsou založeny i testovací přístroje WIRA (viz *Obrázek č. 18 vlevo*) a Zweigle (viz *Obrázek č. 18 vpravo*), které mají oproti popsané metodě mnohonásobně vyšší efektivitu měření. Bohužel zařízení jsou konstruována pouze pro měření přízí.



Obrázek č. 18 Vlevo přístroj WIRA dle [25], vpravo přístroj Zweigle G 522 dle [26]

II Praktická část

1 Návrh experimentu

Při hodnocení životnosti lana oděrem hraje největší roli opotřebení opletu. Pro navrhovaný experiment byly od firmy Lanex, a. s. získány oplety lan bez jader vyrobených z:

- a) polyamidu,
- b) polyesteru,
- c) polypropylenu.

Po rozdělení opletu ve směru osy po délce lana bude získána plošná textilie. Ta bude podrobena zkouškám na oděracím zařízení Martindale o smirkový papír. Pro každý vzorek bude vždy použit nový smirkový papír, aby nedošlo ke zkreslení výsledků v důsledku jeho opotřebení. K opotřebení smirkového papíru bude docházet, ale pouze v rámci konkrétního zkoušeného vzorku v jednom cyklu testování.

Výše uvedené materiály opletů budou testovány:

- a) bez povrchové úpravy,
- b) s povrchovou úpravou teflonem,
- c) s povrchovou úpravou hydrofobním přípravkem Bionic-Finish ECO®.

Všechny materiály a jejich varianty s úpravou opletů budou podrobeny zkoušce při různých podmínkách a ty jsou:

- a) pouze oděr,
- b) oděr za mokra,
- c) oděr po přemrznutí vzorků bez vody,
- d) oděr po přemrznutí vzorků s vodou a následném usušení.

Použitím všech tří druhů materiálu, odlišnou úpravou, odlišnými podmínkami při měření a simulací odlišných podmínek dostáváme 36 možných kombinací experimentu, přičemž pro každou kombinaci bude provedena série shodných vzorků. Pro lepší přehled se v textu níže nachází tabulka, viz *Tabulka č. 1*.

Tabulka č. 1 Přehled navržených kombinací experimentu

Druh oděrání	Úprava	Použitý materiál opletu
Pouze oděr	bez úpravy	polyamid
		polyester
		polypropylen
	s úpravou teflonem	polyamid
		polyester
		polypropylen
	s hydrofobní úpravou	polyamid
		polyester
		polypropylen
Oděr za mokra	bez úpravy	polyamid
		polyester
		polypropylen
	s úpravou teflonem	polyamid
		polyester
		polypropylen
	s hydrofobní úpravou	polyamid
		polyester
		polypropylen
Oděr po přemrznutí vzorků bez vody	bez úpravy	polyamid
		polyester
		polypropylen
	s úpravou teflonem	polyamid
		polyester
		polypropylen
	s hydrofobní úpravou	polyamid
		polyester
		polypropylen
Oděr po přemrznutí vzorků s vodou a následným usušením	bez úpravy	polyamid
		polyester
		polypropylen
	s úpravou teflonem	polyamid
		polyester
		polypropylen
	s hydrofobní úpravou	polyamid
		polyester
		polypropylen

2 Materiály a technologie použité při přípravě vzorků

Dutiny (oplety) z polyamidu, polyesteru a polypropylenu byly vyrobeny o průměru 23 mm. Pro tyto dutiny byly použity následující materiály:

- PAD 940x4 dtex, barva žlutá,
- PES 1100x4 dtex, barva gold,
- PPV 930x4 dtex, barva čirá.

Materiály nejsou absolutně shodné z důvodu technologického postupu pletení.

Soukání probíhalo na 48 cívkách, jelikož se pletlo na stroji Herzog 1/48 s 48 cívkami (48 opletovými přízemi). Opletové příze jsou rozděleny následovně:

- 24 cívek po 2 příze, směr zákrutu S,
- 24 cívek po 2 příze, směr zákrutu Z.

Pro pletení dutin byly použity tyto parametry:

a) polyamidová dutina:

- způsob pletení: tandem,
- kola: W1 - 30, W2 -30; 30/30,
- pružiny: modré,
- tryska: 18,0 mm,
- stoupání lana: 51,06 mm,
- IR lampy: ano,
- teplota: 200 °C ± 5 %,
- využití lamp: 1 průchod,
- stroj: Herzog 1/48,

b) polyesterová dutina:

- způsob pletení: tandem,
- kola: W1-40; W2-34; 30/30,

- pružiny: modré,
- tryska: 18,0 mm,
- stoupání: 60,0 mm,
- IR lampy: ano,
- teplota: 200 °C ± 5 %,
- využití lamp: 1 průchod,
- stroj: Herzog 1/48,

c) polypropylénová dutina

- způsob pletení: tandem,
- kola: W1 - 30, W2 -30; 30/30,
- pružiny: modré,
- tryska: 18,0 mm,
- stoupání lana: 51,06 mm,
- IR lampy: ne,
- teplota: teplota na dílně,
- využití lamp: ne,
- stroj: Herzog 1/48.

Všechny tři druhy opletů byly vyrobeny bez úpravy a s úpravou teflonem na zařízení Gleinstein. Na část neupravených opletů byl nanesen hydrofobní přípravek Bionic-Finish ECO®.

3 Použitý materiál pro oděr

Simulovat materiál pro oděr v laboratorních podmínkách je obtížné a jsme omezeni možnostmi zkušebních strojů i materiálem. V tomto případě se práce zaměřuje na oděr opletů lan o drsné povrchy při lezení.

Podle skript geologie od Mileny Šamalíkové lze rozdělit textury vyvřelých hornin podle průměrné absolutní velikosti zrna na [12]:

- velkozrná – průměrná velikost zrna nad 33 mm,

- velmi hrubozrnná – průměrná velikost zrna 33 až 10 mm (například hornina pegmatit),
- hrubozrnná – průměrná velikost zrna 10 až 3,3 mm,
- středně zrnitá – průměrná velikost zrna 3,3 až 1 mm (například hlubinné horniny),
- drobně zrnitá – průměrná velikost zrna 1 až 0,33 mm,
- jemně zrnitá - průměrná velikost zrna 0,33 až 0,1 mm (základní hmota žilných hornin),
- velmi jemně zrnitá - průměrná velikost zrna 0,1 až 0,01 mm (základní hmota výlevných hornin),
- makroskopicky celistvá - průměrná velikost zrna pod 0,01 mm.

Pro simulaci drsného povrchu, s nímž může lano přijít do styku při lezení, bylo vybráno několik smirkových papírů s různou zrnitostí. Zrnitost brusiva vyjadřuje velikost brusného zrna přičemž jednotlivá zrna jsou stanovovány pomocí prosívání přes různé velké síta. Číslování zrna odpovídá počtu ok v sítu na 1 palec. Zrnitost o hodnotě 40 představuje 40 ok na 1 palec (1 palec je 25,4 mm) [13].

Tato zrnitost brousicích nástrojů se značí dle mezinárodní normy **FEPA 42-1:2006**. FEPA je zkratka z francouzského Fédération Européenne des Fabricants de Produits Abrasifs (v překladu Asociace evropských výrobců brusných výrobků). Norma nahrazuje všechny dosavadní normy. Pro konverzi velikosti zrna brusiva pro různé normy a zároveň porovnání rozměru brusiva s mikro-zrny (MM) slouží konverzní tabulka, viz *Příloha A, Tabulka č. A.1.1* [14].

Z tabulky vyplývá, že například smirkový papír se zrnitostí P40 obsahuje zrno o největší možné velikosti 425 μm (0,425 mm).

Dle rozdělení textury vyvřelých hornin (viz text výše) byly zvoleny pro první simulační zkoušku smirkové papíry značky SAIT určené pro použití za mokra o zrnitosti:

- P60 Waterproof – velikost zrna 0,269 mm,
- P80 Waterproof – velikost zrna 0,201 mm,
- P100 Waterproof – velikost zrna 0,162 mm,
- P120 Waterproof – velikost zrna 0,125 mm.

Po první provedené zkoušce oděru na zařízení Martindale bylo zjištěno, že je nejvhodnější použít smirkový papír **SAIT P100 Waterproof**, který velikostí zrna (průměr 0,165 mm) odpovídá jemně zrnité textuře vyvřelých hornin.

U větších zrnitostí docházelo k příliš rychlému oděrání vzorků (P60, P80) a také bylo určité omezení dané zařízením Martindale. U hrubého smirkového papíru by nemuselo dojít k dostatečnému upnutí a mohlo by dojít k jeho uvolnění během zkoušky. Naopak u menší zrnitosti docházelo k nedostačujícímu oděrání (P120) čímž by se výrazně zvýšila časová náročnost celého experimentu.

4 Úprava opletů teflonem

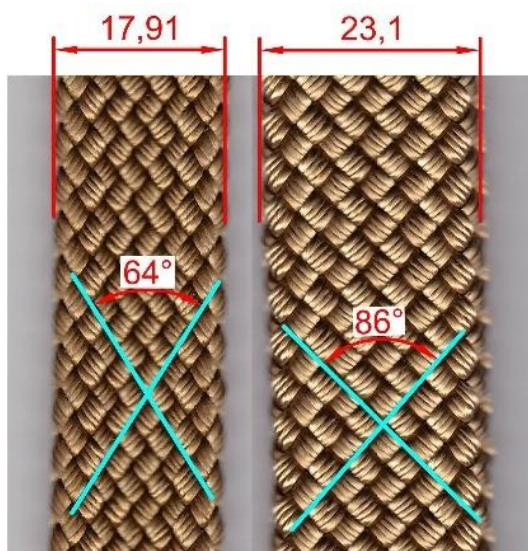
Teflonová úprava byla provedena při samotné výrobě opletů ve firmě Lanex, a. s. na zařízení Gleinstein. Oplety byly při kontinuálním odtahu a pod definovaným napětím vedeny lázní pomocí vodících válců a kladek. Při tomto procesu dochází k nánosu teflonové vrstvy a k jejímu zesíťování při teplotě 180 °C.

Jak bylo zjištěno během vážení vzorků a následně i při měření oděru (odlišné chování proti ostatním materiálům), polyesterové vzorky s teflonovou úpravou měly téměř o 22% vyšší hmotnost oproti vzorkům neupraveným. U ostatních vzorků z polyamidu a polypropylenu nebyl patrný rozdíl a může se jednat o drobnou nepřesnost přípravy vzorků a statistickou chybu.

Při hledání důvodu zvýšení hmotnosti polyesterových vzorků bylo po konzultaci s Ing. Lenkou Hrubou zjištěno, že při teflonování nastalo vydloužení a příčné vysrážení opletů vlivem termofixačního procesu. V případě lana, jehož konstrukce je jádro a duše (oplet), není vydloužení tolik patrné a ve výrobě s ním nemají potíže. V případě samotných opletů, připravovaných pro náš experiment, došlo snadněji k vydloužení. To je ovlivněno vazbou pleteniny i jeho konstrukcí (tzn., že se oplet bez podpůrného jádra snáze natáhne a zmenší se jeho průměr).

Současně paní Ing. Lenka Hrubá ověřila, že polyesterová dutina nebyla pletena na dvou strojích a také, zda byly obě dutiny upleteny z téhož materiálu (PES 1100x4 dtex a soukány po 4 příze). I materiál obou opletů byl shodný.

Toto vydloužení opletu lze porovnat např. úhlem, který mezi sebou svírají prameny. Oplety byly naskenované a úhel změřený v CAD softwaru progeCAD Professional 2013. U neupravených polyesterových vzorků byl naměřen úhel přibližně 86°, u upravených teflonováním úhel 64°. Šířka zploštělých opletů do pásku se taktéž lišila. Ukázky měření úhlu mezi vlákny viz *Obrázek č. 19*.



Obrázek č. 19 Měření úhlů polyesterových vzorků před a po úpravě teflonem
Vlevo oplet upravený teflonem, vpravo neupravený oplet

5 Úprava opletů hydrofobním přípravkem

Na část neupravených opletů byl nanesen hydrofobní přípravek Bionic-Finish ECO® dle pokynů výrobce níže. Na takto upravených vzorcích byly následně provedeny shodné zkoušky jako u vzorků bez úpravy a s teflonovou úpravou.

U takto upravených vzorků vzorků nedošlo ani v případě polyesteru k vydloužení a příčnému vysrážení opletu.

5.1 Pokyny pro požití přípravku:

- hydrofobní přípravek se nanáší v klasické pračce na prádlo,
- obsah jednoho sáčku přípravku (50 ml) lze použít pro 2 až 3 kilogramy náplně,

- pro aplikaci zvolte program praní podle pokynů výrobce pračky. Místo aviváže nalijte tento přípravek do předem vyčištěného dávkovače pro změkčovací přípravky,
- pro optimální vodoodpudivý efekt usušte vyprané textilii nejprve volně na vzduchu a poté v sušičce (na program extra suché) nebo vyžehlete.

5.2 Samotný postup nanesení přípravku na oplety

Byly připraveny potřebné délky opletů (pro požadovaný počet vzorků), jejichž celková hmotnost činila 2,5 kilogramu. Oplety byly nastříhány na potřebnou délku a konce zataveny nad otevřeným plamenem, aby nedošlo k jejich roztřepení při praní. Oplety byly vloženy do pračky, byl nalit hydrofobní přípravek do dávkovače místo změkčovacího přípravku a oplety byly vyprány na program máchání s nastavením poloviční náplně pračky. Při tomto programu dojde k napuštění vody do pračky, smočení náplně pračky, nanesení změkčovacího prostředku (v našem případě hydrofobního přípravku Bionic-Finish ECO®) a následnému vypouštění a odstředění vody. Celý cyklus probíhal za pokojové teploty a trval přibližně 15 minut.

Takto vyprané oplety byly nechány uschnout volně na vzduchu za pokojové teploty a následně přežehleny žehličkou při teplotě cca. 100 °C, při níž nedochází k poškození použitého materiálu opletů.

6 Simulace působení nízkých teplot na oplety

Ze všech použitých materiálů a variant jejich povrchových úprav byly odebrány požadované délky opletů. Ty byly rozděleny na dvě poloviny, upraveny dle příslušných požadavků a vloženy do mrazničky. Jednalo se o tyto oplety:

- PAD - bez úpravy, s úpravou teflonem, s úpravou hydrofobním přípravkem,
- PES - bez úpravy, s úpravou teflonem, s úpravou hydrofobním přípravkem,
- PPV - bez úpravy, s úpravou teflonem, s úpravou hydrofobním přípravkem,

Podmínky pro simulaci působení nízkých teplot na oplety byly následující:

- teplota uvnitř mrazničky: -14 až -16 °C,
- čas vložení vzorků do mrazničky: 24 hodin.

První polovina zmíněných opletů byla vložena v samostatném plastovém sáčku do mrazničky bez jakékoliv další úpravy. Vzorky byly po 24 hodinách vyjmuty z mrazničky, z plastového sáčku. Tyto oplety a z nich vytvořené vzorky budou označovány jako vzorky přemrzlé bez vody.

Druhá polovina opletů byla ponořena do destilované vody o teplotě 20 °C po dobu 10 sekund a následně z vody vytažena. Po dobu 1 minuty byla nechána odkapat od přebytečné vody a posléze vložena v jiném samostatném plastovém sáčku do mrazničky. Po 24 hodinách došlo k vyjmutí vzorků z mrazničky, z plastového sáčku a následně k usušení opletů volně na vzduchu při pokojové teplotě. Takto připravené oplety a z nich vytvořené vzorky budou označovány jako vzorky přemrzlé s vody a následně usušené.

Při měření odolnosti proti oděru bylo u těchto vzorků postupováno obdobně jako u ostatních vzorků. Popis postupu měření odolnosti proti oděru naleznete v kapitole 10.

7 Příprava vzorků

S testováním opletů lan na zařízení Martindale neměl nikdo na katedře ani ve firmě Lanex zkušenosti. Během testování bylo vyzkoušeno několik různých postupů přípravy vzorků, z nichž některé nebyly příliš vhodné nebo nebyly použitelné.

Oplety jsou tvořeny oproti běžným plošným textiliím z poměrně silných pramenů a nemají dostatečnou soudržnost. Při nevhodné manipulaci dochází k vypadávání pramenů ze vzorků a k jejich znehodnocení. Z tohoto důvodu bylo nutné připravené vzorky fixovat v požadované struktuře. Dle informací od Ing. Hrubé jsou konce lan fixované zatavením. Proto bylo vyzkoušeno vytvoření vzorky obdobným způsobem.

Oplet lana byl rozstřížen po délce a opatrně rozevřen. Vzorek byl položen testovanou stranou (lícovou) na skleněnou destičku. Podle šablony byl na vnitřní stranu

opletu obkreslen kruh o průměru 38 mm a následně podle tohoto kruhu vyřezán vzorek horkým hrotem pistolové pájky ČSN 36 1490, typ ETP III (viz *Obrázek č. 20*). Vzorek měl dobrou soudržnost, avšak z důvodu stavení jednotlivých pramenů vznikl kolem pevný okraj, který bránil správnému upnutí vzorku do horního držáku vzorku zkušebního zařízení Martindale. *Obrázek č. 21* zobrazuje vzorek po vyřezání.



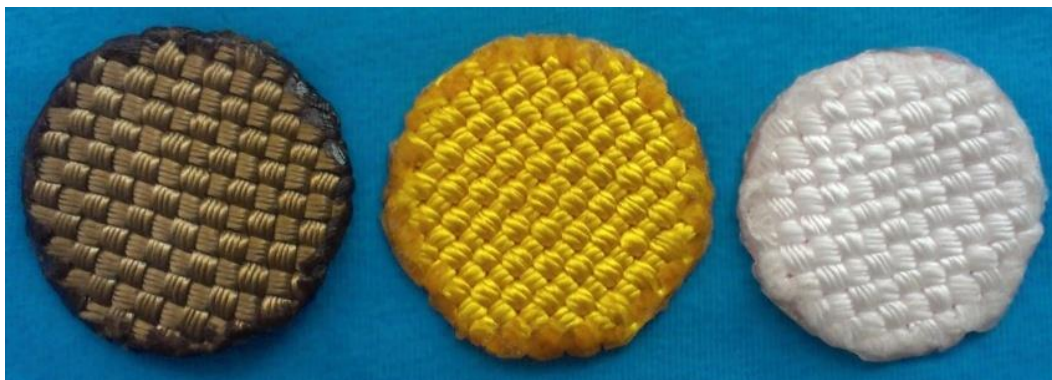
Obrázek č. 20 Pájka pistolová ČSN 36 1490, typ ETP III



Obrázek č. 21 Vzorek po vyřezání pistolovou pájkou, průměr vzorku cca. 38 mm

Z tohoto důvodu bylo nutné vytvořit vzorky bez pevného okraje, zároveň ale musela být zachována soudržnost vzorku při manipulaci. Oplet byl rozstřížen po délce a opatrně rozevřen, posléze byl na vnitřní stranu opletu nalepen samolepící papír ve tvaru kruhu o průměru 38 mm. Podle tohoto kruhu byl vzorek ostřížen ostrými nůžkami. Při stříhání jednotlivých pramenů bylo vždy nutné prsty přidržovat stříhaný pramen přitisknutý na samolepící papír, aby nedošlo k jeho posunutí. Takto připravený vzorek byl testován na zkušebním zařízení a bylo zjištěno, že při testování dochází k vytažení pramenů z upínacích čelistí horního držáku.

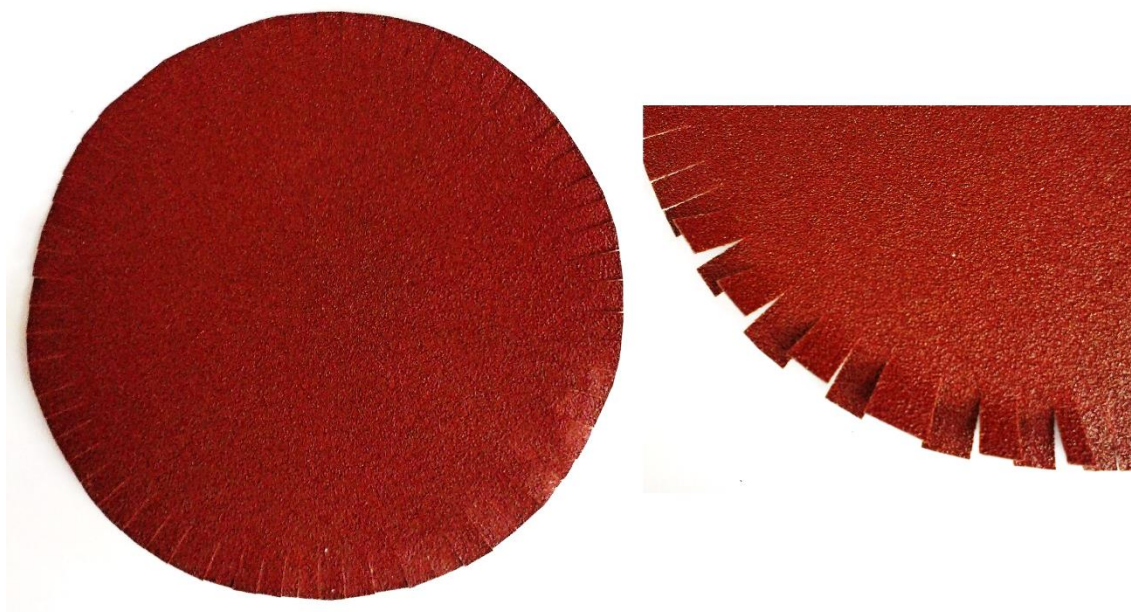
Pro zpevnění okraje vzorku musely být vystřiženy vzorky s přesahem 1 až 2 mm od okraje samolepícího papíru o průměru 38 mm. Takto ostřížený vzorek má průměr přibližně 40 až 41 mm. Posléze byl tento přesahující okraj zataven nad otevřeným plamenem a zároveň ještě částečně natavený okraj vzorku zploštěn stisknutím. U takto zatavených vzorků je okraj měkčí (nedošlo k úplnému ztavení jednotlivých pramenů), umožňuje správné upnutí do upínacích čelistí a již nedocházelo k vytržení jednotlivých pramenů během oděrání. Hotové vzorky opletů PAD, PES, PPV viz *Obrázek č. 22*.



Obrázek č. 22 Hotové vzorky PAD, PES, PPV opletů se zatavenými okraji

8 Příprava oděracího prostředku

Jako oděrací prostředek byl vybrán smirkový papír SAIT P100 Waterproof o velikost zrna 0,162 mm. Byl ostřížen dle normy do kruhu o průměru 140 mm. Smirkový papír je poměrně tuhý a z tohoto důvodu byl ještě nastříhán okraj směrem ke středu do vzdálenosti přibližně 10 mm a s rozstupem přibližně 5 mm mezi jednotlivými nastřiženími. *Obrázek č. 23* ukazuje připravený oděrací prostředek.



Obrázek č. 23 Vlevo oděrací prostředek, vpravo zvětšené nastřížení okraje

9 Příprava zařízení

Norma ČSN EN ISO 12947-2 uvádí pro upnutí oděracích prostředků následující postup [03]:

- vodící deska držáků vzorků se odstraní, aby se zajistil volný přístup k oděracím slotům,
- na každý z oděracích slotů se položí plstěná podložka a přes ni se umístí oděrací prostředek,
- plstěná podložka a oděrací prostředek se na oděracím stole stlačí závažím o hmotnosti $(2,5 \pm 0,5)$ kg a o průměru (120 ± 10) mm,
- položí se upínací rámeček a plstěná podložka a oděrací prostředek se pevně zajistí.

Norma dále uvádí takovýto postup pro upnutí zkoušené textilie [03]:

- upínací kroužek držáku vzorku se umístí do upínacího zařízení na rámu přístroje,

- zkoušená textilie se opatrně uloží lícovou stranou centrálně do upínacího kroužku držáku vzorku. Na zkoušenou textilií se položí podložka z pěnového materiálu,
- vložka držáku vzorku se umístí do upínacího kroužku držáku vzorku, těleso držáku vzorku se umístí nad upínací kroužek a pevně se zašroubuje.

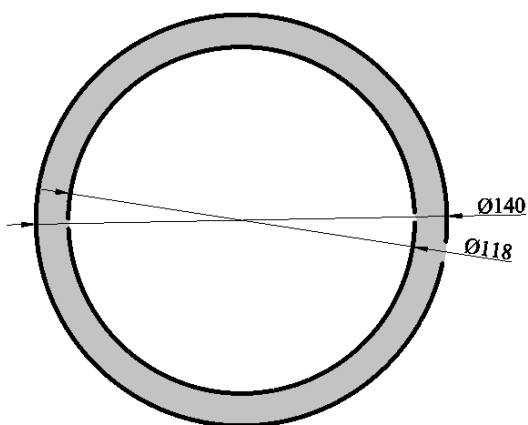
Z důvodu, že jako oděrací prostředek používáme smirkový papír, je nutné při upínání mezi oděrací prostředek a upínací rámeček vložit ochranné mezikruží. Parametry tohoto mezikruží naleznete v kapitole 9.1 *Pomocné přípravky*.

Po upnutí zkušebních vzorků a pomocných materiálů se umístí vodící deska držáků vzorků do pracovní polohy a na příslušná pracovní místa se správně umístí držáky vzorků, čepy a závaží.

9.1 Pomocné přípravky

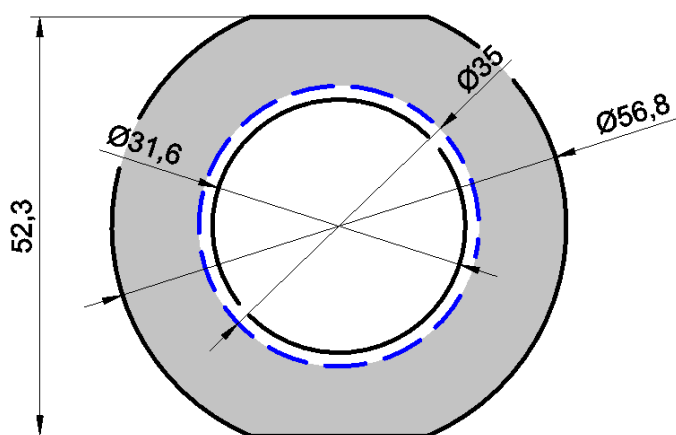
Aby při samotné zkoušce nedošlo k poškození zařízení (horního upínacího držáku pro zkušební vzorek a upínacích čelistí pro oděrací prostředek), bylo nutné použít pomocné ochranné přípravky.

Při upínání oděracího prostředku je nutné vložit ochranné mezikruží z běžného kancelářského papíru mezi oděrací prostředek a upínací rámeček, tím se zabrání odření upínacího rámečku. Průměr vnější kružnice činí 140 mm a průměr vnitřní kružnice 118 mm. Vkládá se šedivě označené mezikruží, viz *Obrázek č. 24*.



Obrázek č. 24 Ochranné mezikruží pro upínací čelisti oděracího prostředku

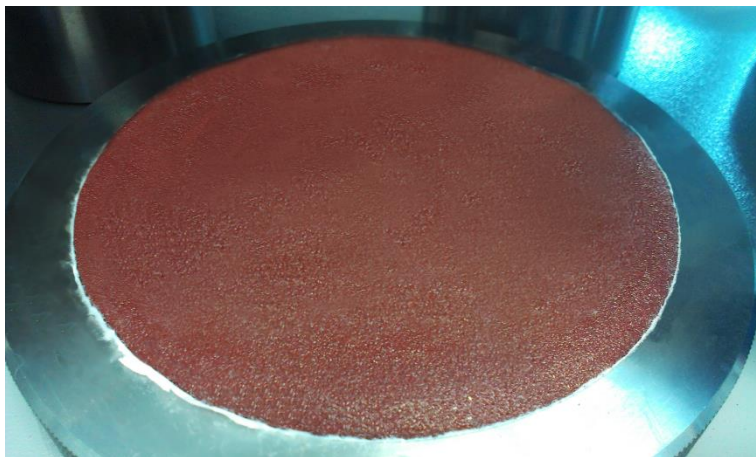
Pro ochranu spodní strany horního upínacího držáku, který slouží k upnutí zkušební vzorku, byla použita samolepicí průhlednou tapetu vystřiženou do tvaru dle držáku. Průměr vnitřní kružnice je o několik milimetrů větší (průměr 35 mm – znázorněno modrou přerušovanou čarou), aby tapeta správně přilehla na celou spodní plochu držáku. Pokud se tapeta dotýkala vzorku, v průběhu testování došlo k postupnému odlepení ochranné folie. Celkový tvar folie je vyznačen šedivou barvou, viz *Obrázek č. 25*.



Obrázek č. 25 Ochranná lepicí tapeta pro spodní stranu horního upínacího držáku

9.2 Postup přípravy zařízení před měřením

Byla odstraněna vodící deska držáků vzorků, aby se zajistil volný přístup k oděracím slotům. Na každý z oděracích slotů byla položena plstěná podložka, přes ni se umístil oděrací prostředek (smirkový papír). Na smirkový papír bylo položeno ochranné papírové mezikruží. Plstěná podložka, oděrací prostředek a ochranné mezikruží bylo stlačeno na oděracím stole závažím, posléze se položil upínací rámeček, kterým se plstěná podložka, oděrací prostředek i ochranné mezikruží zajistilo. Na závěr bylo nutné odstranění přebytečného papírového mezikruží, které zasahovalo na smirkový papír. Mezikruží bylo odstraněno odtržením přes hranu upínacího rámečku. Takto byl připevněn oděrací materiál na všech osm oděracích slotů. Pohled na připravený oděrací slot zařízení Martindale viz *Obrázek č. 26*.



Obrázek č. 26 Připravený oděrací slož zařízení Martindale

Pro upnutí zkoušeného vzorku musí být vložen upínací kroužek držáku vzorku do upínacího zařízení na rámu přístroje, upínací zařízení viz *Obrázek č. 27*. Zkoušená textilie se opatrně uloží lícovou stranou centrálně do upínacího kroužku držáku vzorku. Na zkoušenou textilií byly položeny dvě podložky z pěnového materiálu.



Obrázek č. 27 Upínací zařízení na rámu přístroje

I když má testovaná textilie plošnou hmotnost větší než 500 g.m^{-2} , je nutné použít dvě podložky, neboť bylo experimentálně zjištěno, že oplety jsou tvořeny z příliš silných pramenů a s žádnou nebo jednou podložkou nedocházelo k vytvoření potřebného tvaru zkoušeného vzorku. Ukázka viz *Obrázek č. 28*. Posléze se vložka držáku vzorku umístila do upínacího kroužku držáku vzorku, těleso držáku vzorku se umístilo nad upínací kroužek a pevně se zašroubovala.

Na takto připravený držák s vloženým vzorkem byla ještě připevněna ochranná samolepící folie vystřižená do tvaru dle držáku.



Obrázek č. 28 Ukázka tvaru správně upnutého vzorku v horním držáku

9.3 Podmínky testování

Bohužel, ve školních laboratořích není možné zajistit přesné laboratorní podmínky, které stanovuje norma. Všechny vzorky byly před samotným měřením klimatizovány na klimatické podmínky v učebně, kde je umístěné zkušební zařízení. Podmínky se v průběhu všech měření pohybovaly v rozmezí:

- teplota: $t = 20 \text{ až } 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$,
- relativní vlhkost: $\varphi = 40 \text{ až } 50 \%$,
- atmosférický tlak: $p = 99,7 \text{ až } 101,9 \text{ kPa}$.

U zařízení Martindale byly použity tyto podmínky a parametry zkoušky:

- odírací materiál: smirkový papír SAIT P100 ,
- závaží pro vyvození přtlaku: 12 kPa (závaží určené pro technické textilie),
- ukončení experimentu: po prodření otvoru.

10 Testování jednotlivých vzorků

Vzorky byly klimatizovány na podmínky laboratoře a před samotným měřením byla zjištěna jejich hmotnost na laboratorní váze, viz *Obrázek č. 29*. Podle druhu testování jednotlivých vzorků byly použity modifikované způsoby přípravy vzorků a zařízení při měření za sucha nebo za mokra.



Obrázek č. 29 Laboratorní váhy Sartorius research R200D

Při samotném měření bylo nutné zařízení neustále sledovat. Hrozilo nebezpečí prodření vzorku, odlepení ochranné folie a odření spodní strany horního držáku vzorků.

10.1 Testování vzorků za sucha

10.1.1 Příprava před měřením

Pro měření vzorků za sucha byly použity postupy přípravy zařízení a upnutí vzorků popsané v kapitole 9.2 *Postup přípravy zařízení před měřením* včetně použití ochranné folie a ochranného mezikruží.

U vzorků testovaných za sucha byla zjištěna hmotnost jednotlivých vzorků m_0 . Následně byly vzorky upnuty do horních držáků (viz *Obrázek č. 28*), na spodní plochu horních držáků byla umístěna ochranná samolepící folie a držáky byly umístěny do zařízení. Byl nastavený požadovaný počet otáček a vzorky byly oděrány o smirkový papír až do prodření otvoru ve vzorku.

10.1.2 Průběh oděrání

V průběhu oděrání bylo nutné zařízení sledovat, neboť hrozilo nebezpečí poškození zařízení o oděrací materiál a docházelo k postupnému uvolňování vláken a filamentů ze vzorků. Tento textilní odpad je nutné průběžně odstraňovat ze zařízení. K jeho odstranění byl použit běžný sáčekový vysavač. Uvolněná vlákna i filamenty byly odstraňovány pouze ze zařízení, nikoliv z oděracích slotů, aby nedošlo ke zkreslení naměřeného počtu otáček.

10.1.3 Postup po měření

Po prodření otvoru o velikosti přibližně 0,5 až 1 cm byl horní držák se vzorkem vyjmut ze zařízení a byl odečten počet otáček cyklů oděrání. Dále byl vzorek vyjmut z horního držáku a zvážen na laboratorní váze. Hmotnost vzorku po zkoušce *m_I* a všechny ostatní naměřené hodnoty byly zaneseny do příslušných tabulek v příloze, viz *Příloha B*.

Ukázky prodřených otvorů ve vzorcích polyamidu, polyesteru a polypropylenu naleznete na obrázcích níže.



Obrázek č. 30 Ukázky prodřených otvorů v opletech – PAD



Obrázek č. 31 Ukázky prodřených otvorů v opletech – PES



Obrázek č. 32 Ukázky prodřených otvorů v opletech - PPV

Popsaný postup měření byl použit pro vzorky všech testovaných materiálů za podmínek a úprav uvedených níže:

- a) **pouze oděr** – bez úpravy, s úpravou teflonem, s úpravou hydrofobním přípravkem,
- b) **oděr po přemrznutí vzorků bez vody** – bez úpravy, s úpravou teflonem, s úpravou hydrofobním přípravkem,
- c) **oděr po přemrznutí vzorků s vodou a následném usušení** – bez úpravy, s úpravou teflonem, s úpravou hydrofobním přípravkem.

10.2 Testování vzorků za mokra

10.2.1 Příprava před měřením

Pro měření vzorků za mokra byly také použity postupy přípravy zařízení a upnutí vzorků popsané v kapitole 9.2 *Postup přípravy zařízení před měřením*, ale navíc byla provedena úprava postupu upnutí oděracího materiálu.

Protože se pracovalo s vodou, bylo nutné zamezit poškození zařízení a všech používaných materiálů. Při upínání oděracího materiálu do oděracích slotů byla vložena tenká plastová folie mezi plstěnou podložku a smrkový papír. Folie měla tvar kruhu o průměru přibližně 160 mm, čímž bylo zamezeno průniku vody a znehodnocení plstěné podložky (průměr plstěné podložky a smrkového papíru byl 140 mm).

U vzorků testovaných za mokra byla zjištěna hmotnost jednotlivých vzorků před měřením m_0 . Následně byly vzorky upnuty do horních držáků (viz *Obrázek č. 28*),

na spodní plochu horních držáků byla umístěna ochranná samolepící folie a na vzorky byl nanesen 1 ml destilované vody s přídavkem povrchově aktivního přípravku pro lepší smočení vzorků.

Aby nedošlo k vysušení vzorku při kontaktu s oděracím materiálem, byl i na smrkový papír nanesen 1 ml vody s povrchově aktivním přípravkem. Voda byla nanášena injekční stříkačkou o objemu 2 ml a přesnosti 0,1 ml. Posléze byly umístěny horní držáky do zařízení, nastavený požadovaný počet otáček a vzorky byly oděrány o smrkový papír až do prodření otvoru.

10.2.2 Průběh oděrání

V průběhu oděrání bylo nutné zařízení kontrolovat, neboť při oděru hrozilo ještě větší nebezpečí poškození zařízení o oděrací materiál. Při oděru se uvolňovala vody ze vzorků, namáčela samolepící fólie a ty se odlepovaly.

Při oděru docházelo nejprve k uvolnění vláken a filamentů. Z nich spolu s vody vznikla pasta mezi testovanými vzorky a oděracím materiálem, viz *Obrázek č. 33*. Pasta z počátku bránila oděru zkoušených vzorků. Při dalším oděrání začala pasta vysychat, žmolkovat a postupně došlo k jejímu úplnému odstranění ze smrkového papíru. Až po jejím odstranění se začaly testované vzorky odírat obdobně jako vzorky za sucha. Pasta nebyla ze smrkového papíru odstraněna úplně, došlo k zanesení (zalepení) smrkového papíru. Ukázka viz *Obrázek č. 34*.

Po odstranění pasty taktéž docházelo k postupnému uvolňování vláken a filamentů ze vzorků, jako tomu bylo při oděru za sucha. Tento textilní odpad bylo nutné průběžně odstraňovat ze zařízení. Uvolněná vlákna i filamenty byly odstraňovány pouze ze zařízení, nikoliv z oděracích slotů, aby nedošlo ke zkreslení naměřeného počtu otáček.



Obrázek č. 33 Vzniklá pasta z vláken a vody na oděracím materiálu



oděr za sucha

oděr za mokra

Obrázek č. 34 Porovnání smrkových papíru po oděru za sucha a za mokra

10.2.3 Postup po měření

Po prodření otvoru o velikosti přibližně 0,5 až 1 cm byl horní držák se vzorkem vyjmut ze zařízení a byl odečten počet otáček cyklů oděrání. Dále byl vzorek vyjmut z horního držáku a zvážen na laboratorní váze. Hmotnost vzorku po zkoušce *m_I* a všechny ostatní naměřené hodnoty byly zaneseny do příslušných tabulek v příloze, viz *Příloha B*.

Poškození i vzhled vzorků opletů odíraných za mokra je shodné se vzorky testovanými za sucha. Jediný rozdíl byl, že vzorky testované za mokra jsou po ukončení experimentu vlhké.

Popsaný postup měření byl použit pro vzorky všech testovaných materiálů **pouze pro oděr za mokra** – bez úpravy, s úpravou teflonem, s úpravou hydrofobním přípravkem.

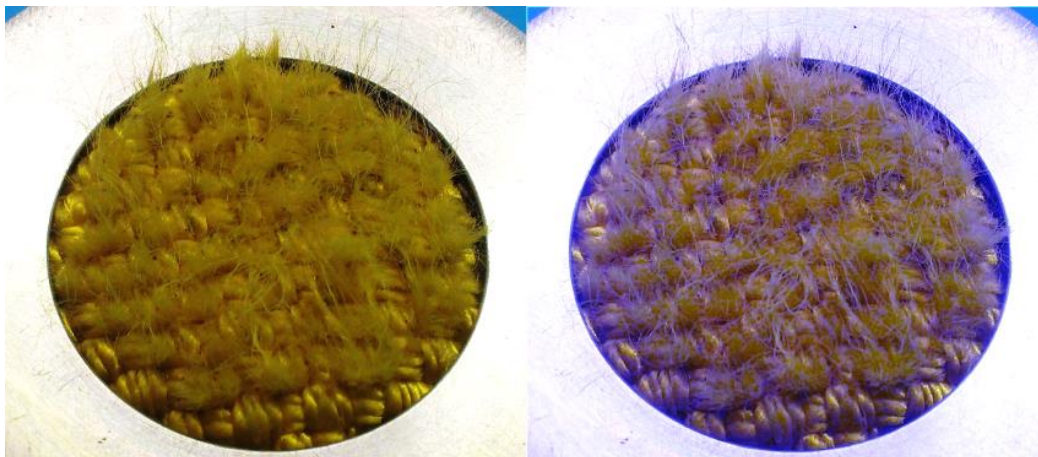
10.3 Cyklus oděru v průběhu testování

V průběhu zkoušky docházelo u všech materiálů a úprav k oděru vzorků v několika krocích, které lze definovat takto:

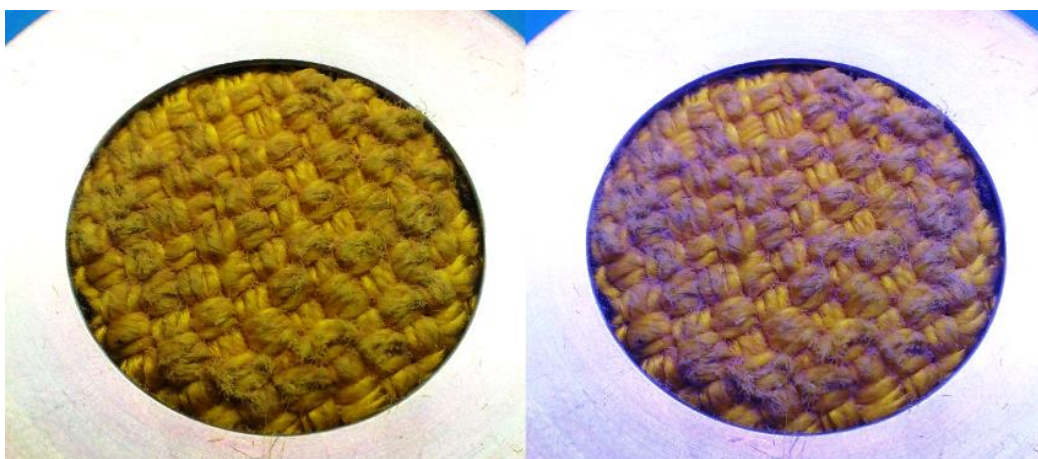
- 1) **vytažení vyčnívajících elementů** – vyčnívající vlákna a filamenty, které tvoří chlupatost opletu, byli vytaženi o drsný povrch smirkového papíru. Tato vlákna a filamenty tvořili již dříve zmíněný textilní odpad, který bylo nutné postupně odstraňovat ze zařízení. *Obrázek č. 35* dokumentuje stav polyamidového vzorku, na kterém je první krok nejlépe viditelný,
- 2) **vyhlazení povrchu vzorku** – po vytažení vyčnívajících vláken a filamentů došlo k vyhlazení povrchu vzorku. Při tomto stavu docházelo k oděrání jednotlivých vláken, snímek stavu vzorku viz *Obrázek č. 36*.
- 3) **poškození jednotlivých vláken** – při pokračujícím oděru došlo k poškození jednotlivých vláken, z tohoto důvodu se zvětšila a začalo vytahování vyčnívajících vláken dle kroku 1, stav vzorku viz *Obrázek č. 37*.

Při třetím kroku došlo ke zvětšení chlupatosti vzorku a cyklus oděrání začal znovu od prvního kroku. Tento cyklus se opakoval, dokud nedošlo k poškození jednoho či více pramenů. Jakmile došlo k předření pramenu(ů), destrukce vzorku byla velice rychlá. Počet opakování cyklů oděru se lišil podle použitého materiálu, jeho odolnosti v oděru a použité úpravy opletu. Počet otáček mezi jednotlivými kroky oděru se také lišil dle jednotlivých vzorků a není tedy možné určit přesný počet otáček.

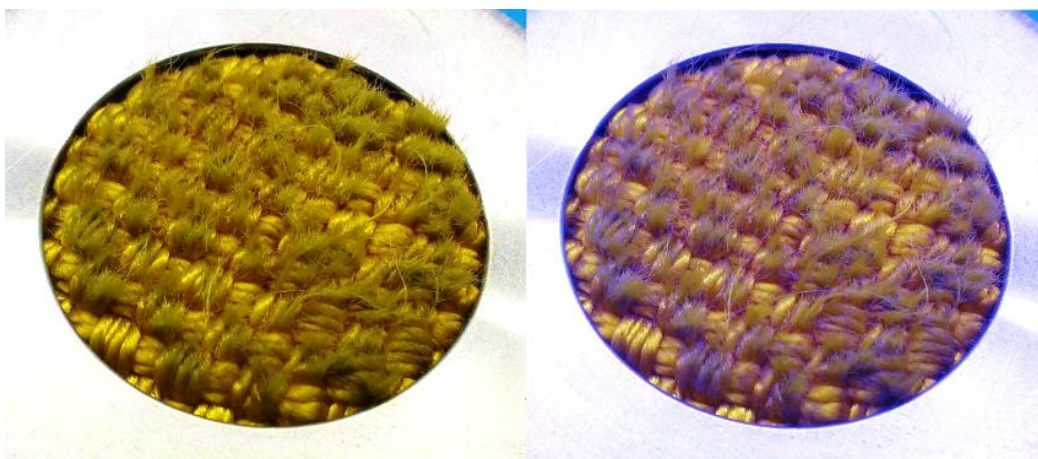
Jednotlivé kroky jsou zobrazeny na fotkách níže (*Obrázek č. 35, Obrázek č. 36, Obrázek č. 37*). Vlevo jsou umístěny původní fotografie, vpravo se změněnou úrovní modré složky pro zvýraznění jednotlivých vláken.



Obrázek č. 35 Krok 1 – vytažení vyčnívajících vláken



Obrázek č. 36 Krok 2 – vyhlazení povrchu vzorku



Obrázek č. 37 Krok 3 – poškození jednotlivých vláken

11 Vyhodnocení

Celkem bylo změřeno 234 vyhovujících měření (nevyhovující měření ukončená např. vytržením vzorku z držáku nejsou ve výsledcích zahrnuta a byla nahrazena novými vyhovujícími měřeními). Příprava materiálů před měřením (vzorky, úprava vzorků, ochranné folie, mezikruží) spolu se samotným měřením trvala nejméně 300 hodin.

U oděru za mokra byla provedena vždy pouze 2 měření od každého druhu materiálu a úpravy opletů. Testování těchto vzorků za mokra neprobíhalo standardním způsobem a bylo by zbytečné pokračovat v neprůkazném měření. Zprvu došlo k vytvoření pasty (z vláken, filamentů a vody), která zabraňovala standardnímu oděru, tím došlo ke zvýšení počtu otáček potřebných k prodření otvoru ve vzorku.

Pro vyhodnocení a porovnání výsledků konkrétních materiálů, úprav a podmínek budou použity **naměřené počty otáček** do prodření otvoru na zařízení Martindale.

U jednotlivých vzorků byly zjištěny hmotnosti před a po oděráním a z nich spočítány i hmotnostní úbytky (viz příslušné tabulky, *Příloha B*), ale vyhodnocení pomocí těchto hmotnostních úbytků by nemělo vypovídající charakter. Při porušení vzorků došlo u některých vzorků k oddělení vláken a pramenů po otvoru a naopak u jiných vzorků vznikl otvor, ale vlákna po otvoru s ním zůstala spojena.

Pro všechna naměřená data byly spočítány aritmetické průměry, rozptyly, směrodatné odchylky, variační koeficienty, horní a dolní intervaly spolehlivosti pro $\alpha = 0,05$. Přehled naměřených a z nich následně spočítaných hodnot naleznete v příslušných tabulkách, viz *Příloha B*.

Průměrné počty otáček všech kombinací experimentu jsou vyneseny do tabulky a znázorněny v grafech spolu s intervaly spolehlivosti. Svislá osa (počet otáček) u grafů je zvolena v různém měřítku a neshodují se maximální hodnoty, aby byly naměřené otáčky lépe čitelné. Hodnoty polyesteru a polyamidu v porovnání s polyamidem dosahují na zařízení Martindale výrazně nižších otáček a tím i nižší odolnosti proti oděru.

Příloha D - Obrázek č. D.1.1 poté obsahuje komparativní graf přes všechny materiály se shodným měřítkem a maximální hodnotou svislé osy. Pro lepší čitelnost byl graf vhodně natočen.

Tabulka č. 2 Průměrné hodnoty všech měření se směrodatnou odchylkou

Druh simulace podmínek	Úprava opletu	Průměrné hodnoty měření [-]		
		PAD	PES	PPV
Pouze oděr	bez úpravy	9420	1799	1575
	s teflonem	4687	2354	1008
	s Bionic Finis Eco	6235	1384	444
Oděr za mokra	bez úpravy	11123	3901	1994
	s teflonem	7632	3734	1192
	s Bionic Finis Eco	9114	1624	1101
Oděr po přemrznutí bez vody	bez úpravy	9352	1665	1387
	s teflonem	4025	1987	901
	s Bionic Finis Eco	6199	1361	477
Oděr po přemrznutí s vodou a následným usušením	bez úpravy	8446	1519	748
	s teflonem	3940	2032	556
	s Bionic Finis Eco	6104	1468	469

11.1 Vyhodnocení pomocí dvoufaktorové analýzy rozptylu - ANOVA

Dle knihy Statistické zpracování experimentálních dat [28] se při dvoufaktorové analýze rozptylu provádí experimenty na různých úrovních dvou faktorů A a B. Práce se zaměřuje na sledování dopadu povrchových úprav na opotřebení lan, zároveň byly k dispozici lana (oplety) pro tři druhy materiálů – polyamid, polyester, polypropylen. Jako faktor A byl vybrán použitý materiál na oplet a pro faktor B byl zvolen způsob povrchové úpravy.

Pro vyhodnocení naměřených dat byla použita dvoufaktorová analýza rozptylu ANOVA pomocí softwaru QC Expert 3.3. Kompletní vstupní a výstupní data analýz se nacházejí v příloze, viz *Příloha C*. Příloha obsahuje tři analýzy pro vzorky pouze oděrané, oděrané po přemrznutí za sucha a oděrané po přemrznutí za mokra.

Z výsledků **všech tří** analýz rozptylů vyplynulo, že faktory **A (materiál)** i **B (úprava)** jsou **významné**, zároveň jsou **významné i interakce** v důsledku **vzájemného působení faktorů**. Přehledové tabulky výsledků jsou vloženy níže.

Tabulka č. 3 Výstupní tabulka ANOVA analýzy pro pouze oděrané vzorky

Source of variability	Sum of squares	Mean square	Degrees of freedom	Std deviation	F-statistic	Critical quantile	Conclusion	p-value
A	466992044,4	233496022,2	2	15280,5766	1197,00648	3,142808517	Significant	7,61014E-51
B	39896328,11	19948164,06	2	4466,33676	102,263334	3,142808517	Significant	1,64879E-20
Interaction	62163036,22	15540759,06	4	3942,17694	79,6689776	2,517670458	Significant	6,19461E-24
Residuals	12289197,75	195066,631	63	441,663482				
Total	581340606,4	8187895,865	71	2861,44996				

Tabulka č. 4 Výstupní tabulka ANOVA analýzy pro vzorky zmrzlé za sucha

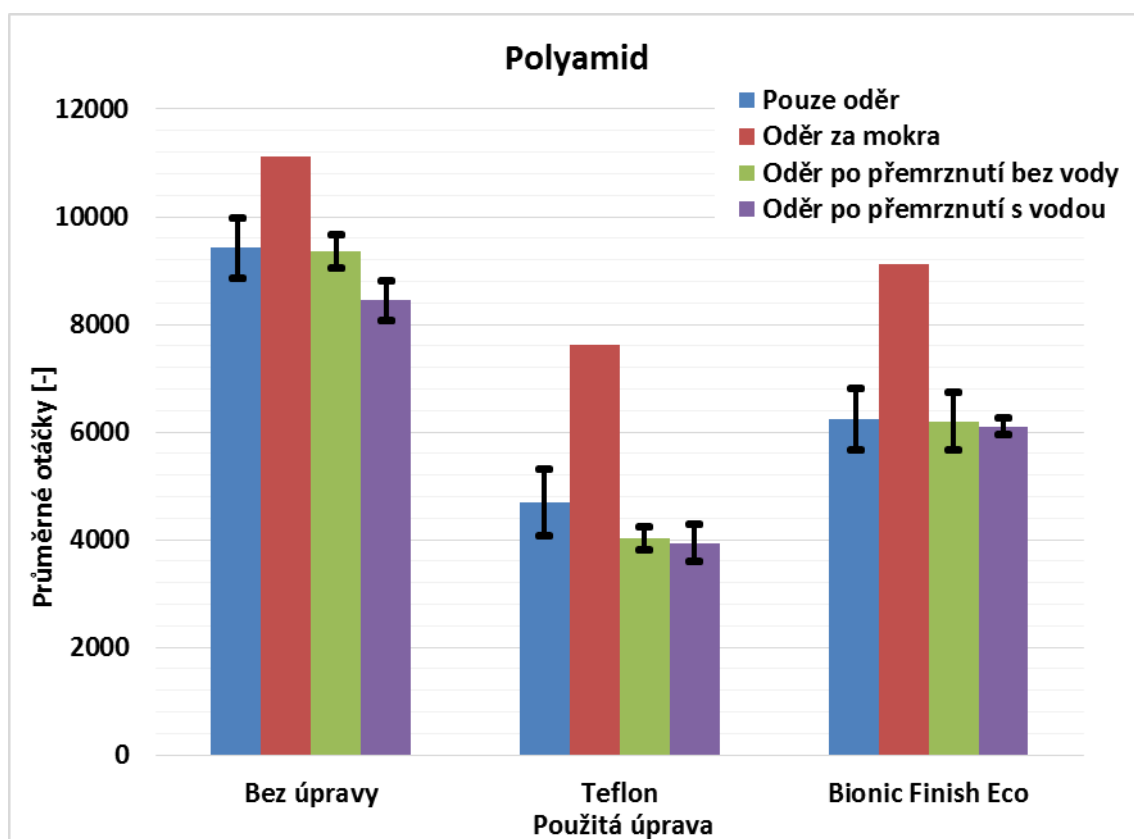
Source of variability	Sum of squares	Mean square	Degrees of freedom	Std deviation	F-statistic	Critical quantile	Conclusion	p-value
A	444229506,9	222114753,4	2	14903,5148	2520,37801	3,142808517	Significant	7,59793E-61
B	44882229,19	22441114,6	2	4737,20536	254,643561	3,142808517	Significant	6,5221E-31
Interaction	74798939,22	18699734,81	4	4324,319	212,189419	2,517670458	Significant	8,41015E-36
Residuals	5552036	88127,55556	63	296,862856				
Total	569462711,3	8020601,567	71	2832,06666				

Tabulka č. 5 Výstupní tabulka ANOVA analýzy pro vzorky zmrzlé za mokra

Source of variability	Sum of squares	Mean square	Degrees of freedom	Std deviation	F-statistic	Critical quantile	Conclusion	p-value
A	419088659	209544329,5	2	14475,6461	3574,42531	3,142808517	Significant	1,415E-65
B	23933070,19	11966535,1	2	3459,268	204,126192	3,142808517	Significant	2,96306E-28
Interaction	59195839,56	14798959,89	4	3846,94163	252,441939	2,517670458	Significant	5,06675E-38
Residuals	3693263	58623,22222	63	242,122329				
Total	505910831,8	7125504,673	71	2669,3641				

11.2 Polyamid

Obrázek č. 38 obsahuje graf průměrných otáček polyamidových opletů spolu s horní a dolní mezí intervalu pro použité úpravy a simulace podmínek. U oděru za mokra nebyl interval spolehlivosti spočten, neboť byla provedena pouze dvě měření.



Obrázek č. 38 Graf počtu naměřených otáček u polyamidových opletů

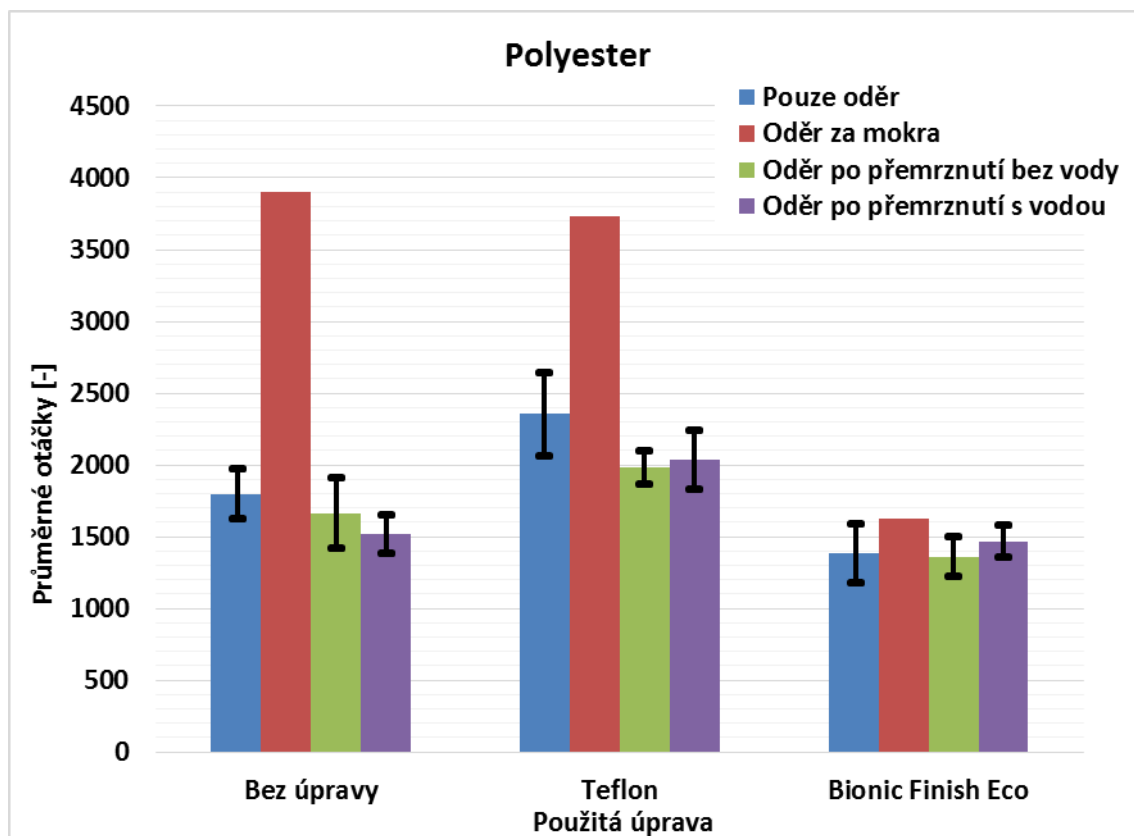
Z grafu lze vyčíst, že největší odolnost proti oděru měl neupravený polyamidový oplet. Jakákoliv další úprava opletu (teflon nebo hydrofobní přípravek Bionic Finish Eco®) vedla ke snížení jeho odolnosti proti oděru. Zároveň došlo ke snížení počtu otáček u opletů podrobených simulaci různých podmínek. Avšak pro upřesnění vlivu a výsledků simulace podmínek na oplety by bylo potřebné rozsáhlejší měření a další výzkum.

U teflonové úpravy opletů se dle naměřeného počtu otáček na zařízení Martindale snížila odolnost proti oděru téměř na poloviční hodnot v porovnání s neupraveným materiálem.

V případě hydrofobního přípravku Bionic Finish Eco® došlo ke snížení odolnosti proti oděru přibližně o čtvrtinu. Oplety s tímto přípravkem dosahují lepších vlastností z pohledu odolnosti materiálu proti oděru a bylo by vhodné zjištění jeho působení v rámci celého lana, rychlosti stárnutí lana, odolnosti proti vnějším vlivům a dalším podmínkám pro použití lana.

11.3 Polyester

Obdobně jako u polyamidu je na obrázku níže graf průměrných otáček polyamidových opletů spolu s horní a dolní mezí intervalu spolehlivosti pro použité úpravy a simulace podmínek, taktéž bez intervalu spolehlivosti u oděru za mokra



Obrázek č. 39 Graf počtu naměřených otáček u polyesterových opletů

Dle předpokladu vycházejících z vlastností polyesteru vychází, že oplety z tohoto materiálu vykazovaly nižší odolnost proti oděru oproti polyamidovým opletům.

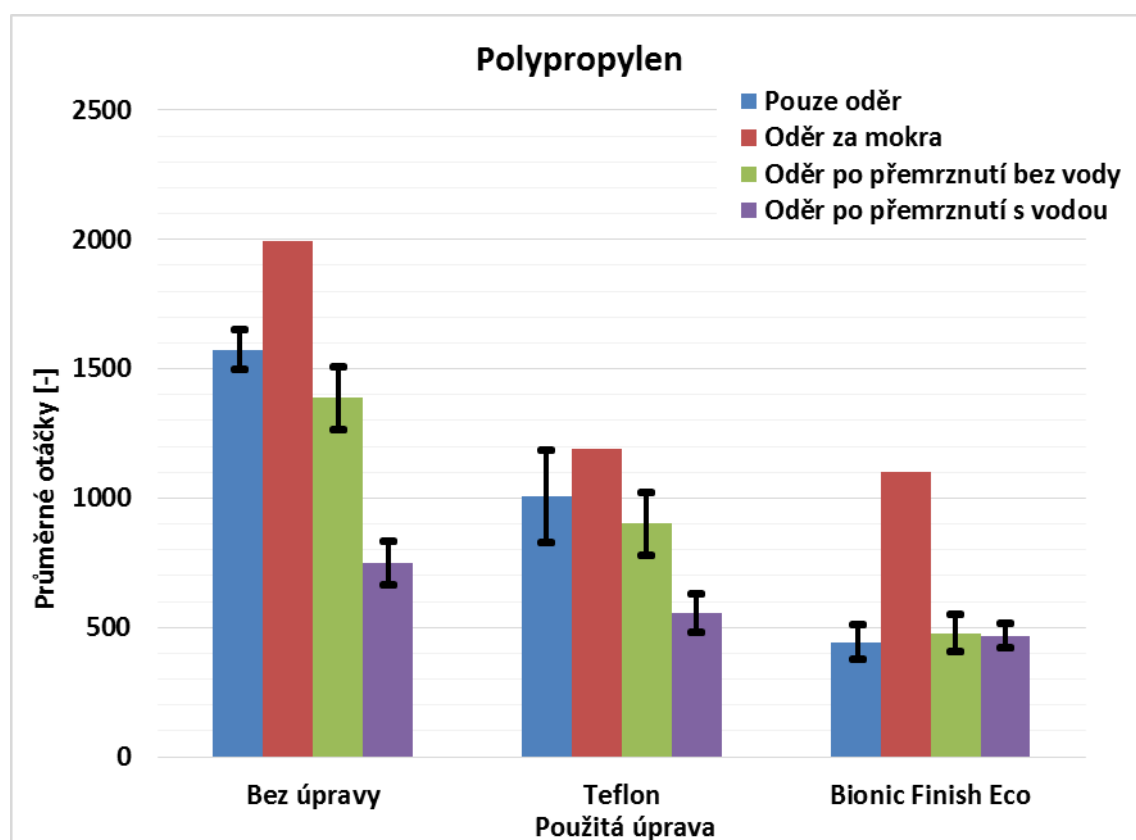
Dále je na grafu vidět vydloužení a příčné vysrážení polyesterového opletu při úpravě teflonem. Tyto vzorky měly vyšší hmotnost a obsahovaly větší množství pramenů oproti neupraveným vzorkům. Pravděpodobně z tohoto důvodu vykazují lepší vlastnosti než oplety neupravené.

Oplety upravené hydrofobním přípravkem mají mírně sníženou odolnost oděru oproti neupraveným opletům.

Naměřené otáčky po simulaci různých podmínek jsou převážně nižší než u vzorků, které byly pouze odírány, ale mohlo by se jednat o statistickou nesrovnalost. Opět by bylo vhodné provést další měření pro potvrzení, či vyvrácení této teorie.

11.4 Polypropylen

Na obrázku níže je obdobný graf jako u předešlých materiálů, také bez intervalů spolehlivosti pro oděr za mokra.



Polypropylenové oplety vyšly oproti polyamidu a polyesteru z pohledu odolnosti proti oděru nejhůře.

Největší počet otáček na zařízení Martindale opět vydržely oplety neupravené. Oplety upravené teflonem mají sníženou odolnost proti oděru a oplety upravené hydrofobním přípravkem vycházejí v oděru ještě hůře.

Z grafu můžeme sledovat výrazný pokles odolnosti opleťů po přemrznutí s vodou, který byl pravděpodobně snížen úpravou materiálu teflonem. To dokládá i test ANOVA s výsledkem významného vzájemného působení použitého materiálu s použitou úpravou. U ostatních simulací podmínek nelze přesně říci, které jsou pro polypropylenové oplety nejhorší. Pro přesné určení by bylo vhodné provést rozsáhlejší počty měření.

III Závěry a doporučení

Tato práce se zabývala sledováním dopadu povrchových úprav na opotřebení lan. Práce v teoretické části seznámila čtenáře se základními pojmy z oblasti lan, technologie výroby lan, oděru, jeho testování a opotřebení lan oděrem. V praktické části podrobně popisovala použité postupy, podmínky, materiály a na závěr zhodnotila dosažené výsledky oděru opletů lan na zařízení Martindale.

Z vyhodnocení plyne, že použitý materiál na oplet lan má významný vliv na odolnost proti oděru. Nejlepší odolnosti dosahuje polyamidový oplet, horší odolnost vykazuje oplet z polyesteru a nejhorší hodnoty jsou u polypropylenového opletu.

Významný vliv má i použitá technologie úpravy opletu. Materiály upravené teflonem vykazují u polyamidu a polypropylenu horší vlastnosti než neupravené materiály. U polyesteru jsou hodnoty odolnosti proti oděru vyšší z důvodu vydloužení a příčného vysrážení opletu při technologii teflonování.

Úprava hydrofobním přípravkem BIONIC FINISH ECO[®] dosahovala v porovnání s neupraveným materiálem vždy horší odolnosti proti oděru. Oproti opletům upraveným teflonem vykazovala tato úprava horší vlastnosti u polyesteru a polypropylenu. Naopak u opletů z polyamidu byla odolnost oproti opletům s teflonovou úpravou lepší, (ale horší než neupravené oplety).

Dle dosažených výsledků by bylo vhodné provést další šetření vlivu různých druhů podmínek technologie teflonování a použitých materiálů, které viditelně snižují odolnost materiálů proti oděru.

Odolnost proti oděru a vliv povrchových úprav nejsou jedinými sledovanými parametry současných lan, problematika použitého materiálu, technologie úprav a užitných vlastností lan je natolik obsáhlá a vzájemně provázaná, že je možné doporučit pokračování šetření se zaměřením na různé vlivy materiálů, technologických postupů, úprav, a jejich vliv na požadované vlastnosti lan.

Seznam použité literatury

- 01 HU, J.: *Fabric testing*. 1. vydání. Cambridge England: Woodhead Publishing Limited. 2008. ISBN 978-1-84569-506-4.
- 02 ČSN EN ISO 12947-1. *Textilie – Zjišťování odolnosti plošných textilií v oděru metodou Martindale – Část 1: Přístroj Matindale*, Praha: ČNI, 1999. 20 s.
- 03 ČSN EN ISO 12947-2. *Textilie - Zjišťování odolnosti plošných textilií v oděru metodou Martindale – Část 2: Zjišťování poškození vzorku*. Praha: ČNI, 1999. 16 s.
- 04 PASTRNEK, R, VLACH, P. *Finální úpravy textilií*, skriptum TU Liberec, 2002.
- 05 PETRZOLD, J. a HROMAS, J. *Provazy a lana v praxi: příručka bezpečné práce s provazy*. 1. vydání. Praha: Klub inženýrů a stavitelů, 1948. 31 s.
- 06 VOMÁČKO, L. a BOŠTÍKOVÁ, S. *Lezení na umělých stěnách*, 2. doplněné vydání. Praha: Grada, 2008. 144 s. ISBN 978-80-247-2174-3.
- 07 LENFELDOVÁ, I. *Speciální pletářské výroby: Technologie 2D a 3D splétání*. skriptum TU Liberec, 2013 [cit. 19. 4. 2013]. Dostupné z <<https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2007-09-10/11-32-51.pdf>>.
- 08 LANEX, a.s., *Nepříznivé podmínky pro lano*. Bolatice: Lanex, 2010. 3 s.
- 09 SCHUBERT, P. *Lano, laso, špagát...: Bezpečně v přírodě a v horách*. info@Hudy, 2005. 11 s.
- 10 TENSIONTECH.COM. *Yarn Abrasion and Friction Testing: Yarn-on-Yarn Abrasion*. 2013 [cit. 8. 5. 2013]. Dostupné z: <http://www.tensiontech.com/services/testing/yarn_abrasion_friction_testing.html>
- 11 HOLUKOVÁ, J. *Studie opotřebení horolezeckých lan na umělé lezecké stěně*. Diplomová práce, Liberec, 2007. 68 s.
- 12 ŠAMALÍKOVÁ, M. LOCKER, J. a POSPÍŠIL, P. *Geologie: Učební texty pro studenty kombinovaného a denního studia*, skriptum FAST VUT v Brně. Dostupné z: <<http://geotech.fce.vutbr.cz/studium/geologie/skripta/geologie.pdf>>.
- 13 LÄGLER. *Správná volba pořadí zrnitosti* [online]. 2013 [cit. 4. 4. 2013]. Dostupné z: <<http://www.laegler.cz/brouseni/4.html>>.
- 14 SCHMID, D. *Fine Tools: Conversion Chart Abrasives - Grit Sizes* [online]. 2013 [cit. 5. 4. 2013]. Dostupné z: <<http://www.fine-tools.com/G10019.htm>>.
- 15 JIRÁSKOVÁ, P. *Speciální výroby délkových textilií – Konstrukce přízí, Skaní*, skriptum TU Liberec, 2012.
- 16 LANEX, a. s. *Manuál horolezeckých a pracovních lan*. Bolatice: Lanex. 34 s.

- 17 CS FREE: *Polyethylene terephthalate* [online]. 2007 [cit. 2. 3. 2013]. Dostupné z: <http://www.cs-free.info/?title=Soubor:Polyethylene_terephthalate.svg>.
- 18 ZMRHALOVÁ, H. *Organická chemie: plasty a syntetická vlákna* [online]. 2012 [cit. 15. 4. 2013]. Dostupné z: <<http://dumy.cz/materialy/stahnout-material?file=24545>>.
- 19 JUTA, a. s. *Vlastnosti polypropylenu a polyethylenu* [online]. [cit. 2. 3. 2013]. Dostupné z: <http://www.umela-trava.cz/download/cj-vlastnosti_polypropylenu_a%20polyethylenu.pdf>.
- 20 HANÁKOVÁ, A. *Metody testování oděrovzdornosti splétaných šňůr*. Bakalářská práce, Liberec, 2007. 53 s.
- 21 LANEX, a.s., *Životnost lana*. Bolatice: Lanex, 2013. 3 s.
- 22 KRČMÁŘ, M. PAUK, J. *Lissajousovy obrazce* [online]. Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská. Praha, 2008. Dostupné z: <<http://fyzsem.fjfi.cvut.cz/2008-2009/Zima08/proc/lissa.pdf>>.
- 23 ASTM: D 6611 – 00. *Standardní zkušební metoda pro zkoušení odolnosti příze proti oděru o přízi za sucha a za mokra*. Komise ASTM č. D13, 2000. 12 s.
- 24 HLAVATÝ, J. *Hodnocení oděru přízí*. Bakalářská práce, Liberec 2008. 58 s.
- 25 WIRA. *Yarn Abrasion Tester* [online]. 2013 [cit. 19. 3. 2013]. Dostupné z: <<http://www.wira.com/PDF%20Pages/Fibres%20and%20Yarns/Yarn%20Abrasion.pdf>>.
- 26 TUL. *Internetové stránky Katerdry textilních technologií* [online]. 2013 [cit. 8. 3. 2013]. Dostupné z: <http://www.ktt.tul.cz/?page=pristroje&action=detail&nextaction=view&id_pristroje=10&lang=en&lang=cs>.
- 27 Rudolf GmbH. *Internetové stránky* [online]. 2013 [cit. 18. 5. 2013]. Dostupné z: <http://www.rudolf.de/en/brands/bionic-finishreco.html>>.
- 28 MELOUN, M a MILITKÝ, J. *Statistické zpracování experimentálních dat*. 1. vydání, Pardubice: Univerzita Pardubice, 1996, 308 s. ISBN 80-7194-075-5.

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 Lana s poměrně vysokým zákrutem nebo splétacím úhlem dle [07]	12
Obrázek č. 2 Schéma opláštěného lana dle [07]	12
Obrázek č. 3 Struktura lana dle [16]:	14
Obrázek č. 4 Postavení běžců splétacích kruhových strojů dle [07]	15
Obrázek č. 5 Chemická struktura - polyamid 6 vlevo, polyamid 6.6 vpravo dle [11]....	17
Obrázek č. 6 Chemická struktura – polyester dle [17]	17
Obrázek č. 7 Chemická struktura – polypropylen dle [18]	18
Obrázek č. 8 Úhel smáčení α dle [04]	19
Obrázek č. 9 Uspořádání molekul hydrofobizujícího prostředku dle [04]	19
Obrázek č. 10 Přípravek BIONIC FINISH ECO®	20
Obrázek č. 11 Ukázka stavby síťové struktury dendrimerů dle [27]	21
Obrázek č. 12 Chlupatost lana - metoda úseček dle [11]	23
Obrázek č. 13 Vztah pro výpočet pádového faktoru dle [16]	24
Obrázek č. 14 Grafické znázornění možných pádových faktorů dle [16]	25
Obrázek č. 15 Přístroj Nu Martindale 864	26
Obrázek č. 16 Metoda oděru příze o přízi dle [10]	28
Obrázek č. 17 Metoda oděru o definovaný povrch dle [24]	29
Obrázek č. 18 Vlevo přístroj WIRA dle [25], vpravo přístroj Zweigle G 522 dle [26] .	29
Obrázek č. 19 Měření úhlů polyesterových vzorků před a po úpravě teflonem	36
Obrázek č. 20 Pájka pistolová ČSN 36 1490, typ ETP III	39
Obrázek č. 21 Vzorek po vyřezání pistolovou pájkou, průměr vzorku cca. 38 mm	39
Obrázek č. 22 Hotové vzorky PAD, PES, PPV opletů se zatavenými okraji	40
Obrázek č. 23 Vlevo oděrací prostředek, vpravo zvětšené nastřížení okraje	41
Obrázek č. 24 Ochranné mezikruží pro upínací čelisti oděracího prostředku	43
Obrázek č. 25 Ochranná lepicí tapeta pro spodní stranu horního upínacího držáku	43
Obrázek č. 26 Připravený oděrací slož zařízení Martindale	44
Obrázek č. 27 Upínací zařízení na rámu přístroje	44
Obrázek č. 28 Ukázka tvaru správně upnutého vzorku v horním držáku	45
Obrázek č. 29 Laboratorní váhy Sartorius research R200D	46
Obrázek č. 30 Ukázky prodřených otvorů v opletech – PAD	47
Obrázek č. 31 Ukázky prodřených otvorů v opletech – PES	47
Obrázek č. 32 Ukázky prodřených otvorů v opletech - PPV	48

Obrázek č. 33 Vzniklá pasta z vláken a vody na oděracím materiálu	50
Obrázek č. 34 Porovnání smirkových papíru po oděru za sucha a za mokra	50
Obrázek č. 35 Krok 1 – vytažení vyčnívajících vláken	52
Obrázek č. 36 Krok 2 – vyhlazení povrchu vzorku	52
Obrázek č. 37 Krok 3 – poškození jednotlivých vláken	52
Obrázek č. 38 Graf počtu naměřených otáček u polyamidových opletů	56
Obrázek č. 39 Graf počtu naměřených otáček u polyesterových opletů	57

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Přehled navržených kombinací experimentu	31
Tabulka č. 2 Průměrné hodnoty všech měření se směrodatnou odchylkou	54
Tabulka č. 3 Výstupní tabulka ANOVA analýzy pro pouze oděrané vzorky	55
Tabulka č. 4 Výstupní tabulka ANOVA analýzy pro vzorky zmrzlé za sucha	55
Tabulka č. 5 Výstupní tabulka ANOVA analýzy pro vzorky zmrzlé za mokra	55

Seznam příloh

Příloha A	68
Tabulka č. A.1.1 Konverzní tabulka brusiva – velikost zrna dle [14]	68
Příloha B - Naměřená data	69
Tabulka č. B.1.1 Průměrné hodnoty všech měření	69
Tabulka č. B.1.2 Pouze oděr - PAD bez úpravy	70
Tabulka č. B.1.3 Pouze oděr - PES bez úpravy	70
Tabulka č. B.1.4 Pouze oděr - PPV bez úpravy	70
Tabulka č. B.1.5 Pouze oděr - PAD s teflonem	71
Tabulka č. B.1.6 Pouze oděr - PES s teflonem	71
Tabulka č. B.1.7 Pouze oděr - PPV s teflonem	71
Tabulka č. B.1.8 Pouze oděr – PAD s úpravou	72
Tabulka č. B.1.9 Pouze oděr – PES s úpravou	72
Tabulka č. B.1.10 Pouze oděr – PPV s úpravou	72
Tabulka č. B.1.11 Oděr za mokra – PAD bez úpravy	73
Tabulka č. B.1.12 Oděr za mokra – PES bez úpravy	73
Tabulka č. B.1.13 Oděr za mokra – PPV bez úpravy	73
Tabulka č. B.1.14 Oděr za mokra – PAD s teflonem	73
Tabulka č. B.1.15 Oděr za mokra – PES s teflonem	73
Tabulka č. B.1.16 Oděr za mokra – PPV s teflonem	73
Tabulka č. B.1.17 Oděr za mokra – PAD s úpravou	74
Tabulka č. B.1.18 Oděr za mokra – PES s úpravou	74
Tabulka č. B.1.19 Oděr za mokra – PPV s úpravou	74
Tabulka č. B.1.20 Oděr po přemrznutí bez vody – PAD bez úpravy	75
Tabulka č. B.1.21 Oděr po přemrznutí bez vody – PES bez úpravy	75
Tabulka č. B.1.22 Oděr po přemrznutí bez vody – PPV bez úpravy	75
Tabulka č. B.1.23 Oděr po přemrznutí bez vody – PAD s teflonem	76
Tabulka č. B.1.24 Oděr po přemrznutí bez vody – PES s teflonem	76
Tabulka č. B.1.25 Oděr po přemrznutí bez vody – PPV s teflonem	76
Tabulka č. B.1.26 Oděr po přemrznutí bez vody – PAD s úpravou	77
Tabulka č. B.1.27 Oděr po přemrznutí bez vody – PES s úpravou	77
Tabulka č. B.1.28 Oděr po přemrznutí bez vody – PPV s úpravou	77
Tabulka č. B.1.29 Oděr po přemrznutí s vodou – PAD bez úpravy	78

Tabulka č. B.1.30 Oděr po přemrznutí s vodou – PES bez úpravy	78
Tabulka č. B.1.31 Oděr po přemrznutí s vodou – PPV bez úpravy	78
Tabulka č. B.1.32 Oděr po přemrznutí s vodou – PAD s teflonem.....	79
Tabulka č. B.1.33 Oděr po přemrznutí s vodou – PES s teflonem.....	79
Tabulka č. B.1.34 Oděr po přemrznutí s vodou – PPV s teflonem	79
Tabulka č. B.1.35 Oděr po přemrznutí s vodou – PAD s úpravou.....	80
Tabulka č. B.1.36 Oděr po přemrznutí s vodou – PES s úpravou.....	80
Tabulka č. B.1.37 Oděr po přemrznutí s vodou – PPV s úpravou	80
Příloha C - Data dvoufaktorové ANOVA analýzy rozptylu.....	81
C.1 Analýza pro vzorky pouze oděrané	81
Tabulka č. C.1.1 Vstupní data	81
Tabulka č. C.1.2 Tabulka s výstupním protokolem.....	82
Obrázek č. C.1.1 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu.....	83
Obrázek č. C.1.2 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu.....	84
Obrázek č. C.1.3 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu.....	84
Obrázek č. C.1.4 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu.....	84
Obrázek č. C.1.5 Graf pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu.....	84
C.2 Analýza pro vzorky přemrzlé za sucha	85
Tabulka č. C.2.1 Vstupní data	85
Tabulka č. C.2.2 Tabulka s výstupním protokolem.....	86
Obrázek č. C.2.1 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu.....	87
Obrázek č. C.2.2 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu.....	87
Obrázek č. C.2.3 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu.....	88
Obrázek č. C.2.4 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu.....	88
Obrázek č. C.2.5 Graf pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu.....	88
C.3 Analýza pro vzorky přemrzlé za mokra a následně usušené	88
Tabulka č. C.3.1 Vstupní data	88
Tabulka č. C.3.2 Tabulka s výstupním protokolem.....	90
Obrázek č. C.3.1 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu.....	91
Obrázek č. C.3.2 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu.....	91
Obrázek č. C.3.3 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu.....	91
Obrázek č. C.3.4 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu.....	92
Obrázek č. C.3.5 Graf pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu.....	92
Příloha D – Grafy.....	93

Obrázek č. D.1.1 Komparativní graf všech materiálů	93
--	----

Přílohy

Příloha A

Tabulka č. A.1.1 Konverzní tabulka brusiva – velikost zrna dle [14]

FEPA P Papír	Rozměr [μm]	FEPA F Grain	Rozměr [μm]		JIS R6001 Japonsko 1973	Rozměr [μm]	ANSI		Rozměr [μm]	MM
		F5	4125							
		F6	3460							
		F7	2900							
		F8	2460							
		F10	2085							
P12	1815	F12	1765							
		F14	1470							
P16	1324	F16	1230							
P20	1000	F20	1040							
		F22	885							
P24	764	F24	745							
P30	642	F30	625							
P36	538	F36	525							
P40	425	F40	438							
		F46	370							
P50	336	F54	310							
P60	269	F60	260		J60					
		F70	218							
P80	201									
		F80	185							
P100	162									
		F90	154							
P120	125	F100	129		J100	125	100		125	
		F120	109							
P150	100									
P180	82	F150	82		J150	80	150		80	
P220	68	F180	69		J180	70	180		70	
		F220	58		J220	58	220		58	
Mikro-zrna					J240	80				
					J280	68				
P240	58.5 ± 2				J320	57				
P280	52.2 ± 2	F230	53 ± 3				240		51	
P320	46.2 ± 1.5				J360	48				
		F240	44.5 ± 2							
P360	40.5 ± 1.5				J400	40	280		41.5	
P400	35.0 ± 1.5	F280	36.5 ± 1.5							
					J500	34	320		33	
P500	30.2 ± 1.5	F320	29.2 ± 1.5		J600	29	360		28	

P600	25.8 ± 1									
P800	21.8 ± 1	F360	22.8 ± 1.5		J700	24	400		22.5	1500
P1000	18.3 ± 1				J800	20				
		F400	17.3 ± 1		J1000	16	500		18	
P1200	15.3 ± 1						600		14	1800
P1500	12.6 ± 1	F500	12.8 ± 1		J1200	13				2400
P2000	10.3 ± 0.8						800		12	3200
		F600	9.3 ± 1		J1500	10				
P2500	8.4 ± 0.5				J2000	8	1000		7.8	
P3000	7									
P5000	5									
		F800	6.5 ± 1							
		F1000	4.5 ± 0.8		J3000	5	1200		5.8	4000
										6000
		F1200	3.0 ± 0.5		J4000	3				8000
		F1500	2.0 ± 0.4		J6000	2				12000
		F2000	1.2 ± 0.3		J8000	1.2				

Příloha B - Naměřená data

Tabulka č. B.1.1 Průměrné hodnoty všech měření

Druh simulace podmínek	Úprava opletu	Průměrné hodnoty měření [-]		
		PAD	PES	PPV
Pouze oděr	bez úpravy	9420	1799	1575
	s teflonem	4687	2354	1008
	s Bionic Finis Eco	6235	1384	444
Oděr za mokra	bez úpravy	11123	3901	1994
	s teflonem	7632	3734	1192
	s Bionic Finis Eco	9114	1624	1101
Oděr po přemrznutí bez vody	bez úpravy	9352	1665	1387
	s teflonem	4025	1987	901
	s Bionic Finis Eco	6199	1361	477
Oděr po přemrznutí s vodou a následným usušením	bez úpravy	8446	1519	748
	s teflonem	3940	2032	556
	s Bionic Finis Eco	6104	1468	469

Tabulka č. B.1.2 Pouze oděr - PAD bez úpravy

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,95363	1,58127	0,37236	8680
2	2,07783	1,58056	0,49727	9697
3	1,86406	1,5027	0,36136	10200
4	1,91386	1,5356	0,37826	8958
5	1,81241	1,42723	0,38518	10509
6	1,94512	1,58197	0,36315	9157
7	1,91012	1,47345	0,43667	9427
8	1,96234	1,57159	0,39075	8731
Aritmetický průměr	1,92992	1,53180	0,39813	9420
Směrodatná odchylka	0,07794	0,05871	0,04655	674
Variační koeficient	0,04038	0,03833	0,11693	0,07
IS horní mez	1,99509	1,58088	0,43705	9983
IS dolní mez	1,86476	1,48271	0,35920	8857

Tabulka č. B.1.3 Pouze oděr - PES bez úpravy

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,66040	1,43137	0,22903	2090
2	1,68240	1,43718	0,24522	1550
3	1,69595	1,43120	0,26475	1802
4	1,59771	1,34952	0,24819	1730
5	1,73213	1,52920	0,20293	1633
6	1,69642	1,42812	0,26830	1898
7	1,72406	1,41672	0,30734	1596
8	1,71914	1,50780	0,21134	2094
Aritmetický průměr	1,68853	1,44139	0,24714	1799
Směrodatná odchylka	0,04358	0,05551	0,03370	213
Variační koeficient	0,02581	0,03851	0,13637	0,12
IS horní mez	1,72497	1,48780	0,27532	1977
IS dolní mez	1,65209	1,39498	0,21896	1621

Tabulka č. B.1.4 Pouze oděr - PPV bez úpravy

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,46159	1,18405	0,27754	1568
2	1,49534	1,25618	0,23916	1440
3	1,49884	1,23129	0,26755	1674
4	1,47865	1,22157	0,25708	1616
5	1,46159	1,18405	0,27754	1568
6	1,49534	1,25618	0,23916	1440
7	1,49884	1,23129	0,26755	1674
8	1,47865	1,22157	0,25708	1616
Aritmetický průměr	1,48361	1,22327	0,26033	1575
Směrodatná odchylka	0,01585	0,02772	0,01518	92
Variační koeficient	0,01068	0,02266	0,05833	0,06
IS horní mez	1,49686	1,24645	0,27303	1652
IS dolní mez	1,47035	1,20010	0,24764	1497

Tabulka č. B.1.5 Pouze oděr - PAD s teflonem

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	2,04051	1,66719	0,37332	5004
2	2,08313	1,57513	0,50800	4976
3	1,95612	1,50303	0,45309	3562
4	1,84370	1,48337	0,36033	3975
5	1,76913	1,35018	0,41895	4694
6	1,97421	1,50759	0,46662	5130
7	1,85694	1,55419	0,30275	5888
8	1,78046	1,28001	0,50045	4270
Aritmetický průměr	1,91303	1,49009	0,42294	4687
Směrodatná odchylka	0,11773	0,12360	0,07261	734
Variační koeficient	0,06154	0,08295	0,17168	0,16
IS horní mez	2,01146	1,59343	0,48365	5301
IS dolní mez	1,81459	1,38674	0,36223	4074

Tabulka č. B.1.6 Pouze oděr - PES s teflonem

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	2,05916	1,77265	0,28651	2236
2	2,09410	1,85108	0,24302	2305
3	2,04119	1,77162	0,26957	1838
4	2,07585	1,82497	0,25088	1976
5	2,10085	1,76501	0,33584	2848
6	2,07322	1,79768	0,27554	2703
7	2,10893	1,80537	0,30356	2559
8	1,88107	1,60862	0,27245	2366
Aritmetický průměr	2,05430	1,77463	0,27967	2354
Směrodatná odchylka	0,07345	0,07321	0,02956	345
Variační koeficient	0,03575	0,04125	0,10569	0,15
IS horní mez	2,11571	1,83584	0,30439	2642
IS dolní mez	1,99288	1,71341	0,25496	2065

Tabulka č. B.1.7 Pouze oděr - PPV s teflonem

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,46602	1,22709	0,23893	1015
2	1,56299	1,39498	0,16801	568
3	1,51557	1,24985	0,26572	1030
4	1,51066	1,13801	0,37265	1217
5	1,50403	1,25721	0,24682	1160
6	1,54451	1,33711	0,20740	847
7	1,52942	1,25096	0,27846	1180
8	1,50379	1,30168	0,20211	1047
Aritmetický průměr	1,51712	1,26961	0,24751	1008
Směrodatná odchylka	0,02930	0,07683	0,06212	213
Variační koeficient	0,01931	0,06052	0,25098	0,21
IS horní mez	1,54162	1,33385	0,29946	1186
IS dolní mez	1,49262	1,20537	0,19557	830

Tabulka č. B.1.8 Pouze oděr – PAD s úpravou

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	2,17660	1,72566	0,45094	5523
2	2,14806	1,71300	0,43506	6764
3	2,09780	1,71225	0,38555	5602
4	2,11515	1,76298	0,35217	6339
5	2,21610	1,76756	0,44854	5313
6	2,21876	1,76205	0,45671	6582
7	2,22303	1,84378	0,37925	6465
8	2,31309	1,81001	0,50308	7295
Aritmetický průměr	2,18857	1,76216	0,42641	6235
Směrodatná odchylka	0,06946	0,04663	0,04981	691
Variační koeficient	0,03174	0,02646	0,11681	0,11
IS horní mez	2,24666	1,80115	0,46806	6813
IS dolní mez	2,13049	1,72317	0,38476	5657

Tabulka č. B.1.9 Pouze oděr – PES s úpravou

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,75783	1,56365	0,19418	1293
2	1,81536	1,64668	0,16868	1574
3	1,79590	1,63687	0,15903	1113
4	1,77403	1,55982	0,21421	1855
5	1,72098	1,60598	0,11500	1499
6	1,78034	1,60734	0,17300	1317
7	1,74630	1,55179	0,19451	1154
8	1,78629	1,60481	0,18148	1269
Aritmetický průměr	1,77213	1,59712	0,17501	1384
Směrodatná odchylka	0,02975	0,03555	0,02983	246
Variační koeficient	0,01678	0,02226	0,17042	0,18
IS horní mez	1,79700	1,62684	0,19995	1590
IS dolní mez	1,74726	1,56740	0,15007	1179

Tabulka č. B.1.10 Pouze oděr – PPV s úpravou

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,57916	1,40319	0,17597	543
2	1,55658	1,39140	0,16518	404
3	1,54858	1,37642	0,17216	320
4	1,51041	1,31269	0,19772	489
5	1,57272	1,38090	0,19182	522
6	1,52890	1,39454	0,13436	391
7	1,54411	1,41326	0,13085	509
8	1,56534	1,43429	0,13105	371
Aritmetický průměr	1,55073	1,38834	0,16239	444
Směrodatná odchylka	0,02296	0,03570	0,02716	82
Variační koeficient	0,01481	0,02571	0,16727	0,19
IS horní mez	1,56992	1,41819	0,18510	512
IS dolní mez	1,53153	1,35849	0,13968	375

Tabulka č. B.1.11 Oděr za mokra – PAD bez úpravy

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	2,04110	1,58122	0,45988	11244
2	1,97645	1,52218	0,45427	11001
Aritmetický průměr	2,00878	1,55170	0,45708	11123
Směrodatná odchylka	0,04571	0,04175	0,00397	172

Tabulka č. B.1.12 Oděr za mokra – PES bez úpravy

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,91152	1,68291	0,22861	3988
2	1,90377	1,67072	0,23305	3813
Aritmetický průměr	1,90765	1,67682	0,23083	3901
Směrodatná odchylka	0,00548	0,00862	0,00314	124

Tabulka č. B.1.13 Oděr za mokra – PPV bez úpravy

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	2,54418	1,32301	1,22117	2138
2	2,60860	1,37934	1,22926	1850
Aritmetický průměr	2,57639	1,35118	1,22522	1994
Směrodatná odchylka	0,04555	0,03983	0,00572	204

Tabulka č. B.1.14 Oděr za mokra – PAD s teflonem

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,98832	1,68573	0,30259	7890
2	2,01458	1,67995	0,33463	7373
Aritmetický průměr	2,00145	1,68284	0,31861	7632
Směrodatná odchylka	0,01857	0,00409	0,02266	366

Tabulka č. B.1.15 Oděr za mokra – PES s teflonem

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	2,23309	2,08356	0,14953	3241
2	2,32016	2,00362	0,31654	4227
Aritmetický průměr	2,27663	2,04359	0,23304	3734
Směrodatná odchylka	0,06157	0,05653	0,11809	697

Tabulka č. B.1.16 Oděr za mokra – PPV s teflonem

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	2,58163	1,59284	0,98879	1070
2	2,58780	1,50568	1,08212	1314
Aritmetický průměr	2,58472	1,54926	1,03546	1192
Směrodatná odchylka	0,00436	0,06163	0,06599	173

Tabulka č. B.1.17 Oděr za mokra – PAD s úpravou

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	2,13052	1,67976	0,45076	9697
2	2,12877	1,68632	0,44245	8530
Aritmetický průměr	2,12965	1,68304	0,44661	9114
Směrodatná odchylka	0,00124	0,00464	0,00588	825

Tabulka č. B.1.18 Oděr za mokra – PES s úpravou

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,65905	1,71479	-0,05574	1590
2	1,64428	1,53463	0,10965	1658
Aritmetický průměr	1,65167	1,62471	0,02696	1624
Směrodatná odchylka	0,01044	0,12739	0,11695	48

Tabulka č. B.1.19 Oděr za mokra – PPV s úpravou

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,48840	1,29001	0,19839	1180
2	1,49922	1,31245	0,18677	1021
Aritmetický průměr	1,49381	1,30123	0,19258	1101
Směrodatná odchylka	0,00765	0,01587	0,00822	112

Tabulka č. B.1.20 Oděr po přemrznutí bez vody – PAD bez úpravy

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	2,22023	1,89836	0,32187	9024
2	2,18294	1,75099	0,43195	9705
3	1,94709	1,60786	0,33923	9497
4	1,94193	1,59543	0,34650	8905
5	1,92495	1,55480	0,37015	9521
6	1,99271	1,56716	0,42555	9782
7	1,89092	1,52894	0,36198	8873
8	1,94732	1,54903	0,39829	9511
Aritmetický průměr	2,00601	1,63157	0,37444	9352
Směrodatná odchylka	0,12433	0,12800	0,04044	363
Variační koeficient	0,06198	0,07845	0,10799	0,04
IS horní mez	2,10997	1,73860	0,40825	9656
IS dolní mez	1,90205	1,52454	0,34063	9049

Tabulka č. B.1.21 Oděr po přemrznutí bez vody – PES bez úpravy

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,78510	1,56269	0,22241	2249
2	1,87852	1,64781	0,23072	1949
3	1,74990	1,54503	0,20487	1501
4	1,76560	1,54279	0,22281	1627
5	1,75513	1,56231	0,19282	1578
6	1,76024	1,50469	0,25555	1382
7	1,72051	1,45934	0,26117	1470
8	1,73980	1,47269	0,26711	1564
Aritmetický průměr	1,76935	1,53717	0,23218	1665
Směrodatná odchylka	0,04796	0,05963	0,02696	289
Variační koeficient	0,02711	0,03879	0,11611	0,17
IS horní mez	1,80945	1,58702	0,25472	1907
IS dolní mez	1,72925	1,48731	0,20964	1423

Tabulka č. B.1.22 Oděr po přemrznutí bez vody – PPV bez úpravy

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,64263	1,47453	0,16810	1451
2	1,65848	1,44964	0,20884	1485
3	1,58190	1,41627	0,16563	1346
4	1,53855	1,36736	0,17119	1606
5	1,52390	1,29518	0,22872	1289
6	1,54439	1,36264	0,18175	1372
7	1,56420	1,44195	0,12225	1110
8	1,56058	1,35503	0,20555	1434
Aritmetický průměr	1,57683	1,39533	0,18150	1387
Směrodatná odchylka	0,04894	0,06017	0,03296	147
Variační koeficient	0,03104	0,04312	0,18159	0,11
IS horní mez	1,61775	1,44563	0,20906	1510
IS dolní mez	1,53591	1,34502	0,15395	1263

Tabulka č. B.1.23 Oděr po přemrznutí bez vody – PAD s teflonem

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	2,00799	1,55876	0,44923	4341
2	2,06648	1,70359	0,36289	4093
3	1,99293	1,62430	0,36863	4285
4	1,98482	1,59720	0,38762	3976
5	1,93160	1,61572	0,31588	3612
6	1,93936	1,44294	0,49642	3794
7	1,92878	1,45972	0,46906	3850
8	1,92870	1,46640	0,46230	4249
Aritmetický průměr	1,97258	1,55858	0,41400	4025
Směrodatná odchylka	0,04966	0,09392	0,06369	262
Variační koeficient	0,02517	0,06026	0,15383	0,07
IS horní mez	2,01410	1,63711	0,46726	4244
IS dolní mez	1,93106	1,48005	0,36075	3806

Tabulka č. B.1.24 Oděr po přemrznutí bez vody – PES s teflonem

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	2,19882	1,95921	0,23961	2001
2	2,19811	1,97730	0,22081	1911
3	2,14050	1,92403	0,21647	2113
4	2,10864	1,87473	0,23391	2011
5	2,11640	1,89643	0,21997	1858
6	2,03508	1,74823	0,28685	1752
7	2,10249	1,82675	0,27574	2167
8	2,09852	1,85761	0,24091	2079
Aritmetický průměr	2,12482	1,88304	0,24178	1987
Směrodatná odchylka	0,05434	0,07426	0,02621	139
Variační koeficient	0,02557	0,03944	0,10839	0,07
IS horní mez	2,17026	1,94513	0,26370	2103
IS dolní mez	2,07938	1,82094	0,21987	1870

Tabulka č. B.1.25 Oděr po přemrznutí bez vody – PPV s teflonem

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,70123	1,51463	0,18660	983
2	1,71115	1,55577	0,15538	1080
3	1,49759	1,30977	0,18782	622
4	1,55840	1,32972	0,22868	1032
5	1,50486	1,32562	0,17924	814
6	1,51799	1,35604	0,16195	865
7	1,55167	1,35529	0,19638	854
8	1,49671	1,27705	0,21966	959
Aritmetický průměr	1,56745	1,37799	0,18946	901
Směrodatná odchylka	0,08874	0,10085	0,02544	146
Variační koeficient	0,05662	0,07318	0,13429	0,16
IS horní mez	1,64165	1,46231	0,21074	1023
IS dolní mez	1,49325	1,29366	0,16819	779

Tabulka č. B.1.26 Oděr po přemrznutí bez vody – PAD s úpravou

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	2,09324	1,65125	0,44199	6741
2	2,12681	1,79648	0,33033	5798
3	2,07494	1,66574	0,40920	6895
4	2,13193	1,79464	0,33729	5179
5	1,92212	1,58604	0,33608	6887
6	1,97239	1,59140	0,38099	6084
7	1,93373	1,50416	0,42957	6420
8	1,93822	1,58354	0,35468	5584
Aritmetický průměr	2,02417	1,64666	0,37752	6199
Směrodatná odchylka	0,09115	0,10402	0,04467	643
Variační koeficient	0,04503	0,06317	0,11832	0,10
IS horní mez	2,10039	1,73364	0,41486	6736
IS dolní mez	1,94796	1,55968	0,34017	5661

Tabulka č. B.1.27 Oděr po přemrznutí bez vody – PES s úpravou

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,71079	1,48575	0,22504	1402
2	1,71167	1,45093	0,26074	1332
3	1,73549	1,48402	0,25147	1504
4	1,70962	1,44369	0,26593	1541
5	1,75339	1,51430	0,23909	1200
6	1,75946	1,52013	0,23933	1422
7	1,76003	1,52843	0,23160	1053
8	1,72810	1,49742	0,23068	1433
Aritmetický průměr	1,73357	1,49058	0,24299	1361
Směrodatná odchylka	0,02194	0,03106	0,01486	163
Variační koeficient	0,01265	0,02084	0,06115	0,12
IS horní mez	1,75191	1,51655	0,25541	1497
IS dolní mez	1,71523	1,46461	0,23056	1225

Tabulka č. B.1.28 Oděr po přemrznutí bez vody – PPV s úpravou

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,53815	1,29015	0,24800	552
2	1,56815	1,39853	0,16962	458
3	1,58447	1,37495	0,20952	420
4	1,56478	1,41300	0,15178	503
5	1,55278	1,40316	0,14962	380
6	1,59071	1,45692	0,13379	544
7	1,55667	1,41561	0,14106	360
8	1,51197	1,34662	0,16535	598
Aritmetický průměr	1,55846	1,38737	0,17109	477
Směrodatná odchylka	0,02524	0,05061	0,03883	86
Variační koeficient	0,01620	0,03648	0,22695	0,18
IS horní mez	1,57957	1,42969	0,20356	549
IS dolní mez	1,53735	1,34505	0,13863	405

Tabulka č. B.1.29 Oděr po přemrznutí s vodou – PAD bez úpravy

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	2,06458	1,74145	0,32313	8650
2	2,00649	1,60088	0,40561	8239
3	2,06285	1,64408	0,41877	8534
4	2,01769	1,58860	0,42909	8808
5	1,95031	1,49036	0,45995	7834
6	1,98265	1,51397	0,46868	9220
7	2,02501	1,70483	0,32018	8217
8	1,93982	1,47361	0,46621	8063
Aritmetický průměr	2,00618	1,59472	0,41145	8446
Směrodatná odchylka	0,04658	0,09874	0,05995	447
Variační koeficient	0,02322	0,06192	0,14570	0,05
IS horní mez	2,04512	1,67728	0,46158	8819
IS dolní mez	1,96723	1,51216	0,36133	8072

Tabulka č. B.1.30 Oděr po přemrznutí s vodou – PES bez úpravy

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,73046	1,51429	0,21617	1628
2	1,73258	1,56154	0,17104	1403
3	1,71392	1,48524	0,22868	1573
4	1,69245	1,47380	0,21865	1287
5	1,69512	1,48014	0,21498	1677
6	1,68971	1,41391	0,27580	1359
7	1,71400	1,51276	0,20124	1512
8	1,72064	1,44320	0,27744	1710
Aritmetický průměr	1,71111	1,48561	0,22550	1519
Směrodatná odchylka	0,01692	0,04541	0,03593	155
Variační koeficient	0,00989	0,03057	0,15934	0,10
IS horní mez	1,72526	1,52358	0,25554	1649
IS dolní mez	1,69696	1,44764	0,19546	1389

Tabulka č. B.1.31 Oděr po přemrznutí s vodou – PPV bez úpravy

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,56462	1,38414	0,18048	686
2	1,55204	1,42395	0,12809	643
3	1,51343	1,26582	0,24761	742
4	1,57021	1,36645	0,20376	847
5	1,53864	1,43812	0,10052	907
6	1,52343	1,39280	0,13063	699
7	1,54711	1,24221	0,30490	820
8	1,52833	1,34161	0,18672	638
Aritmetický průměr	1,54223	1,35689	0,18534	748
Směrodatná odchylka	0,01998	0,07061	0,06761	100
Variační koeficient	0,01295	0,05204	0,36482	0,13
IS horní mez	1,55893	1,41593	0,24187	831
IS dolní mez	1,52552	1,29785	0,12880	664

Tabulka č. B.1.32 Oděr po přemrznutí s vodou – PAD s teflonem

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	2,07044	1,59481	0,47563	3416
2	2,01236	1,56901	0,44335	4167
3	2,09113	1,70990	0,38123	3411
4	2,14237	1,68256	0,45981	4127
5	2,08399	1,59165	0,49234	4320
6	2,10538	1,76901	0,33637	3681
7	1,96151	1,53178	0,42973	3895
8	1,94802	1,51706	0,43096	4503
Aritmetický průměr	2,05190	1,62072	0,43118	3940
Směrodatná odchylka	0,07019	0,08993	0,05095	409
Variační koeficient	0,03421	0,05549	0,11816	0,10
IS horní mez	2,11059	1,69592	0,47378	4282
IS dolní mez	1,99321	1,54553	0,38858	3598

Tabulka č. B.1.33 Oděr po přemrznutí s vodou – PES s teflonem

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	2,12576	1,85959	0,26617	1928
2	2,09008	1,82813	0,26195	2265
3	2,15401	1,88367	0,27034	2453
4	2,08555	1,79314	0,29241	1860
5	2,12798	1,86310	0,26488	1828
6	2,10891	1,88201	0,22690	1740
7	2,04460	1,76238	0,28222	2175
8	2,04363	1,81690	0,22673	2009
Aritmetický průměr	2,09757	1,83612	0,26145	2032
Směrodatná odchylka	0,03955	0,04369	0,02361	245
Variační koeficient	0,01886	0,02380	0,09031	0,12
IS horní mez	2,13063	1,87265	0,28119	2237
IS dolní mez	2,06450	1,79958	0,24171	1827

Tabulka č. B.1.34 Oděr po přemrznutí s vodou – PPV s teflonem

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,57934	1,43656	0,14278	502
2	1,58295	1,39469	0,18826	590
3	1,56873	1,43441	0,13432	492
4	1,58469	1,40672	0,17797	668
5	1,57521	1,40167	0,17354	583
6	1,55980	1,38910	0,17070	576
7	1,56279	1,41963	0,14316	398
8	1,57704	1,40972	0,16732	640
Aritmetický průměr	1,57382	1,41156	0,16226	556
Směrodatná odchylka	0,00917	0,01743	0,01954	88
Variační koeficient	0,00583	0,01235	0,12041	0,16
IS horní mez	1,58148	1,42613	0,17859	629
IS dolní mez	1,56615	1,39699	0,14592	483

Tabulka č. B.1.35 Oděr po přemrznutí s vodou – PAD s úpravou

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	2,11213	1,72106	0,39107	5895
2	2,16322	1,68434	0,47888	6181
3	2,21729	1,72543	0,49186	6220
4	2,14499	1,75504	0,38995	6307
5	1,89907	1,50461	0,39446	6356
6	1,92026	1,57541	0,34485	6079
7	1,96724	1,62440	0,34284	5842
8	1,95909	1,63490	0,32419	5954
Aritmetický průměr	2,04791	1,65315	0,39476	6104
Směrodatná odchylka	0,12443	0,08490	0,06177	193
Variační koeficient	0,06076	0,05136	0,15647	0,03
IS horní mez	2,15195	1,72414	0,44641	6265
IS dolní mez	1,94387	1,58216	0,34311	5943

Tabulka č. B.1.36 Oděr po přemrznutí s vodou – PES s úpravou

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,70075	1,48963	0,21112	1656
2	1,72001	1,47604	0,24397	1697
3	1,71624	1,42006	0,29618	1446
4	1,69764	1,46561	0,23203	1298
5	1,75403	1,50273	0,25130	1385
6	1,72065	1,49636	0,22429	1423
7	1,79551	1,55430	0,24121	1450
8	1,76024	1,52441	0,23583	1392
Aritmetický průměr	1,73313	1,49114	0,24199	1468
Směrodatná odchylka	0,03377	0,03999	0,02516	137
Variační koeficient	0,01949	0,02682	0,10397	0,09
IS horní mez	1,76137	1,52458	0,26303	1583
IS dolní mez	1,70489	1,45771	0,22095	1353

Tabulka č. B.1.37 Oděr po přemrznutí s vodou – PPV s úpravou

Vzorek	m0 [g]	m1 [g]	Δm [g]	Otáčky [-]
1	1,57071	1,40566	0,16505	547
2	1,54486	1,38103	0,16383	419
3	1,53570	1,32766	0,20804	479
4	1,53388	1,34641	0,18747	465
5	1,53548	1,34912	0,18636	395
6	1,54104	1,38120	0,15984	527
7	1,55547	1,41754	0,13793	502
8	1,56804	1,35610	0,21194	414
Aritmetický průměr	1,54815	1,37059	0,17756	469
Směrodatná odchylka	0,01483	0,03106	0,02540	56
Variační koeficient	0,00958	0,02266	0,14305	0,12
IS horní mez	1,56054	1,39656	0,19880	515
IS dolní mez	1,53575	1,34462	0,15632	422

Příloha C - Data dvoufaktorialové ANOVA analýzy rozptylu

C.1 Analýza pro vzorky pouze oděrané

Tabulka č. C.1.1 Vstupní data

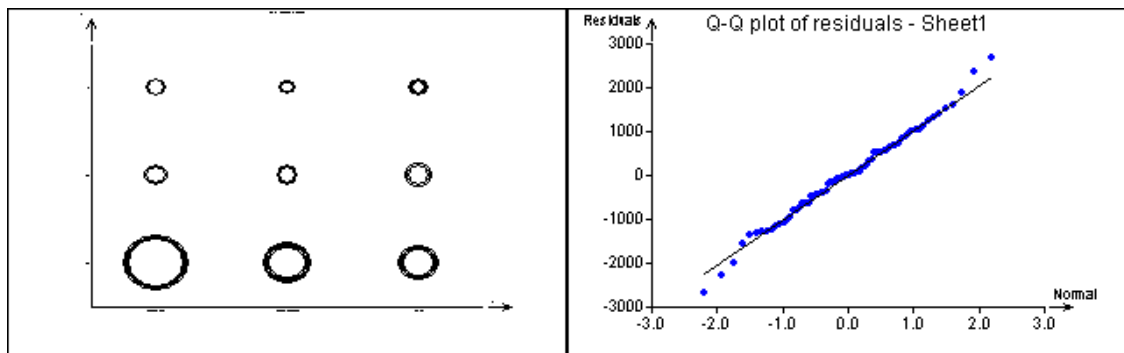
PAD	bez_upravu	8680
PAD	bez_upravu	9697
PAD	bez_upravu	10200
PAD	bez_upravu	8958
PAD	bez_upravu	10509
PAD	bez_upravu	9157
PAD	bez_upravu	9427
PAD	bez_upravu	8731
PAD	teflon	5004
PAD	teflon	4976
PAD	teflon	3562
PAD	teflon	3975
PAD	teflon	4694
PAD	teflon	5130
PAD	teflon	5888
PAD	teflon	4270
PAD	bionic_finish_eco	5523
PAD	bionic_finish_eco	6764
PAD	bionic_finish_eco	5602
PAD	bionic_finish_eco	6339
PAD	bionic_finish_eco	5313
PAD	bionic_finish_eco	6582
PAD	bionic_finish_eco	6465
PAD	bionic_finish_eco	7295
PES	bez_upravu	2090
PES	bez_upravu	1550
PES	bez_upravu	1802
PES	bez_upravu	1730
PES	bez_upravu	1633
PES	bez_upravu	1898
PES	bez_upravu	1596
PES	bez_upravu	2094
PES	teflon	2236
PES	teflon	2305
PES	teflon	1838
PES	teflon	1976
PES	teflon	2848
PES	teflon	2703
PES	teflon	2559
PES	teflon	2366
PES	bionic_finish_eco	1293
PES	bionic_finish_eco	1574
PES	bionic_finish_eco	1113
PES	bionic_finish_eco	1855
PES	bionic_finish_eco	1499
PES	bionic_finish_eco	1317
PES	bionic_finish_eco	1154
PES	bionic_finish_eco	1269
PPV	bez_upravu	1568
PPV	bez_upravu	1440
PPV	bez_upravu	1674
PPV	bez_upravu	1616
PPV	bez_upravu	1568

PPV	bez_upravy	1440
PPV	bez_upravy	1674
PPV	bez_upravy	1616
PPV	teflon	1015
PPV	teflon	568
PPV	teflon	1030
PPV	teflon	1217
PPV	teflon	1160
PPV	teflon	847
PPV	teflon	1180
PPV	teflon	1047
PPV	bionic_finish_eco	543
PPV	bionic_finish_eco	404
PPV	bionic_finish_eco	320
PPV	bionic_finish_eco	489
PPV	bionic_finish_eco	522
PPV	bionic_finish_eco	391
PPV	bionic_finish_eco	509
PPV	bionic_finish_eco	371

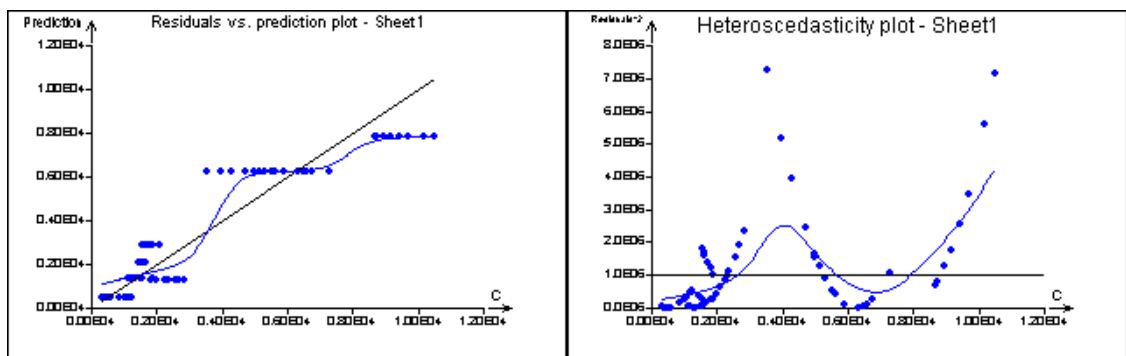
Tabulka č. C.1.2 Tabulka s výstupním protokolem

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Analysis of variance								
Task name :	Sheet1							
Data:	All							
Column First factor :	A							
Column Second factor :	B							
Column Response :	C							
Type of model	ballanced with replication							
Factors	levels							
A	PAD	PES	PPV					
B	bez_upravy	bionic_finish_eco	teflon					
No of replications	8							
Table of means	C							
Levels	bez_upravy	bionic_finish_eco	teflon					
PAD	9419,875	6235,375	4687,375					
PES	1799,125	1384,25	2353,875					
PPV	1574,5	443,625	1008					
Means for factor	A							
Level	PAD	PES	PPV					
Mean	6780,875	1845,75	1008,708333					

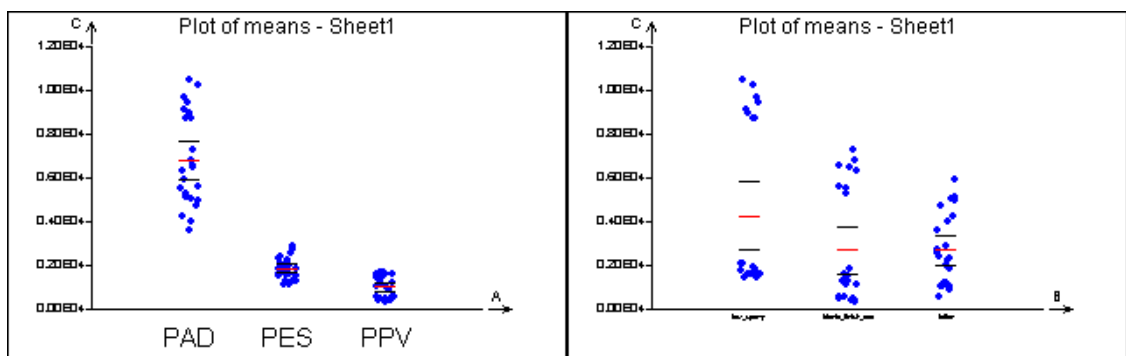
Means for factor	B							
Level	bez_upravy	bionic_finish_eco	teflon					
Mean	4264,5	2687,75	2683,083333					
Overall mean	3211,777778							
Model parameters								
Factor	Levels of factor	Level contribution						
A	PAD	3569,097222						
A	PES	-1366,027778						
A	PPV	-2203,069444						
B	bez_upravy	1052,722222						
B	bionic_finish_eco	-524,0277778						
B	teflon	-528,6944444						
ANOVA Table								
Source of variability	Sum of squares	Mean square	Degrees of freedom	Std deviation	F-statistic	Critical quantile	Conclusion	p-value
A	466992044,4	233496022,2	2	15280,5766	1197,00648	3,142808517	Significant	7,61014E-51
B	39896328,11	19948164,06	2	4466,33676	102,263334	3,142808517	Significant	1,64879E-20
Interaction	62163036,22	15540759,06	4	3942,17694	79,6689776	2,517670458	Significant	6,19461E-24
Residuals	12289197,75	195066,631	63	441,663482				
Total	581340606,4	8187895,865	71	2861,44996				



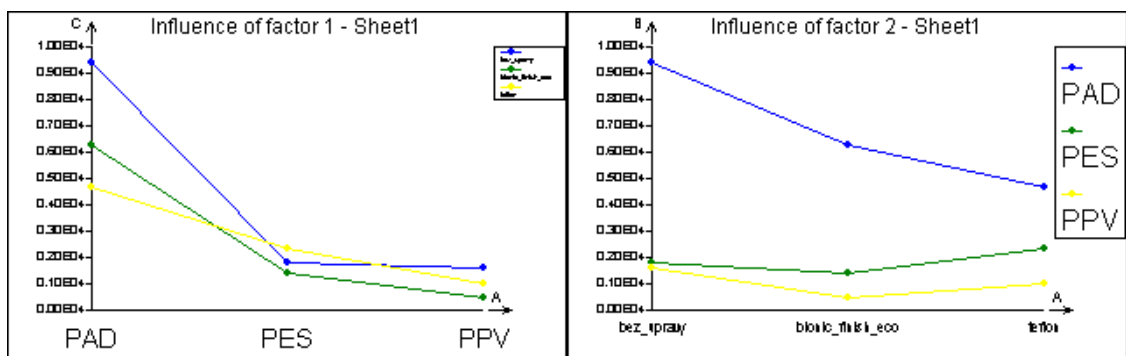
Obrázek č. C.1.1 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu



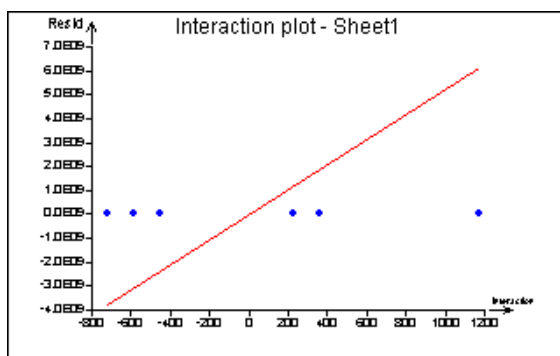
Obrázek č. C.1.2 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu



Obrázek č. C.1.3 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu



Obrázek č. C.1.4 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu



Obrázek č. C.1.5 Graf pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu

C.2 Analýza pro vzorky přemrzlé za sucha

Tabulka č. C.2.1 Vstupní data

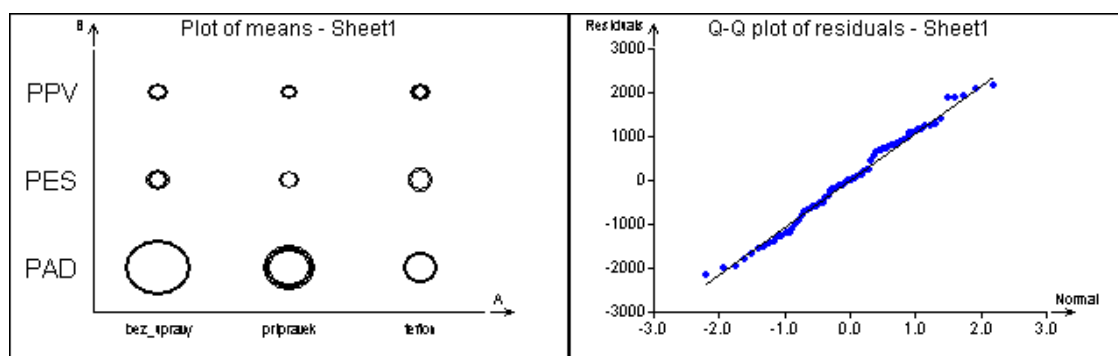
PAD	bez_uprav	9024
PAD	bez_uprav	9705
PAD	bez_uprav	9497
PAD	bez_uprav	8905
PAD	bez_uprav	9521
PAD	bez_uprav	9782
PAD	bez_uprav	8873
PAD	bez_uprav	9511
PAD	teflon	4341
PAD	teflon	4093
PAD	teflon	4285
PAD	teflon	3976
PAD	teflon	3612
PAD	teflon	3794
PAD	teflon	3850
PAD	teflon	4249
PAD	pripravek	6741
PAD	pripravek	5798
PAD	pripravek	6895
PAD	pripravek	5179
PAD	pripravek	6887
PAD	pripravek	6084
PAD	pripravek	6420
PAD	pripravek	5584
PES	bez_uprav	2249
PES	bez_uprav	1949
PES	bez_uprav	1501
PES	bez_uprav	1627
PES	bez_uprav	1578
PES	bez_uprav	1382
PES	bez_uprav	1470
PES	bez_uprav	1564
PES	teflon	2001
PES	teflon	1911
PES	teflon	2113
PES	teflon	2011
PES	teflon	1858
PES	teflon	1752
PES	teflon	2167
PES	teflon	2079
PES	pripravek	1402
PES	pripravek	1332
PES	pripravek	1504
PES	pripravek	1541
PES	pripravek	1200
PES	pripravek	1422
PES	pripravek	1053
PES	pripravek	1433
PPV	bez_uprav	1451
PPV	bez_uprav	1485
PPV	bez_uprav	1346
PPV	bez_uprav	1606
PPV	bez_uprav	1289
PPV	bez_uprav	1372
PPV	bez_uprav	1110
PPV	bez_uprav	1434

PPV	teflon	983
PPV	teflon	1080
PPV	teflon	622
PPV	teflon	1032
PPV	teflon	814
PPV	teflon	865
PPV	teflon	854
PPV	teflon	959
PPV	pripravek	552
PPV	pripravek	458
PPV	pripravek	420
PPV	pripravek	503
PPV	pripravek	380
PPV	pripravek	544
PPV	pripravek	360
PPV	pripravek	598

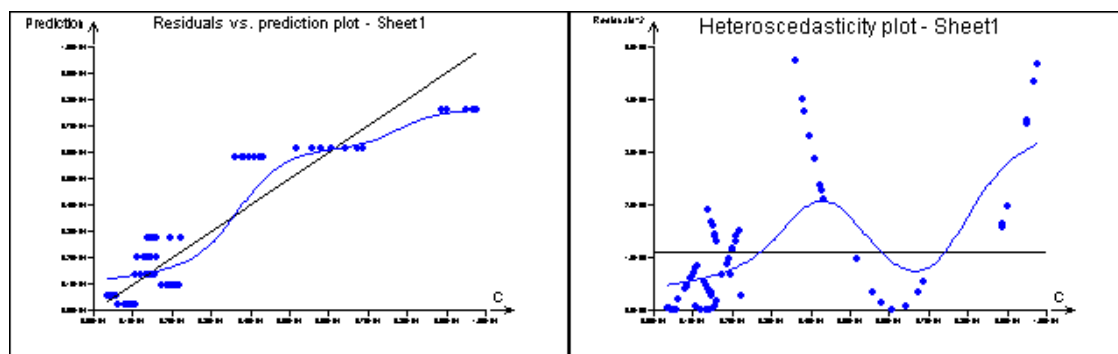
Tabulka č. C.2.2 Tabulka s výstupním protokolem

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Analysis of variance								
Task name :	Sheet1							
Data:	All							
Column First factor :	A							
Column Second factor :	B							
Column Response :	C							
Type of model	ballanced with replication							
Factors	levels							
A	PAD	PES	PPV					
B	bez_upravy	pripravek	teflon					
No of replications	8							
Table of means	C							
Levels	bez_upravy	pripravek	teflon					
PAD	9352,25	6198,5	4025					
PES	1665	1360,875	1986,5					
PPV	1386,625	476,875	901,125					
Means for factor	A							
Level	PAD	PES	PPV					
Mean	6525,25	1670,791667	921,5416667					
Means for factor	B							
Level	bez_upravy	pripravek	teflon					
Mean	4134,625	2678,75	2304,208333					

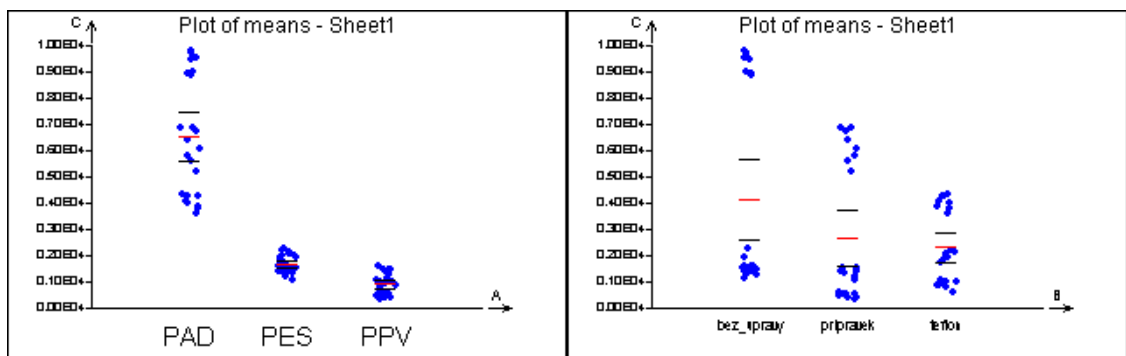
Overall mean	3039,194444							
Model parameters								
Factor	Levels of factor	Level contribution						
A	PAD	3486,055556						
A	PES	-1368,402778						
A	PPV	-2117,652778						
B	bez_upravy	1095,430556						
B	pripravek	-360,4444444						
B	teflon	-734,9861111						
ANOVA Table								
Source of variability	Sum of squares	Mean square	Degrees of freedom	Std deviation	F-statistic	Critical quantile	Conclusion	p-value
A	444229506,9	222114753,4	2	14903,5148	2520,37801	3,142808517	Significant	7,59793E-61
B	44882229,19	22441114,6	2	4737,20536	254,643561	3,142808517	Significant	6,5221E-31
Interaction	74798939,22	18699734,81	4	4324,319	212,189419	2,517670458	Significant	8,41015E-36
Residuals	5552036	88127,55556	63	296,862856				
Total	569462711,3	8020601,567	71	2832,06666				



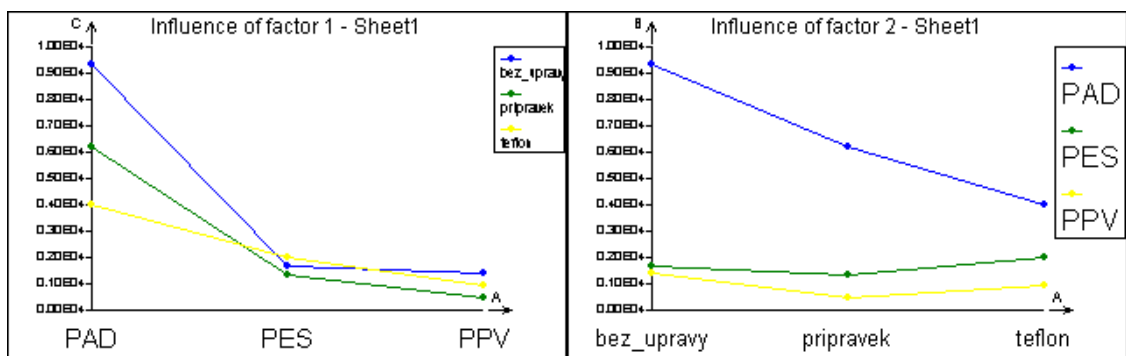
Obrázek č. C.2.1 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu



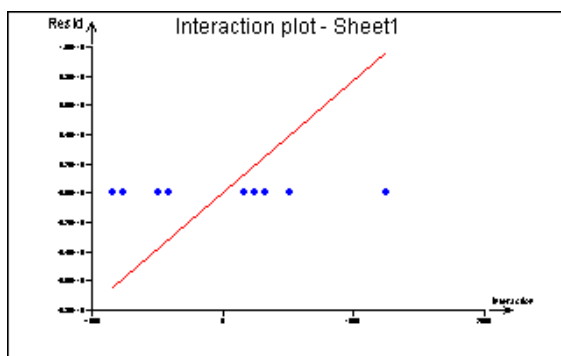
Obrázek č. C.2.2 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu



Obrázek č. C.2.3 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu



Obrázek č. C.2.4 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu



Obrázek č. C.2.5 Graf pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu

C.3 Analýza pro vzorky přemrzlé za mokra a následně usušené

Tabulka č. C.3.1 Vstupní data

PAD	bez_uprav	8650
PAD	bez_uprav	8239
PAD	bez_uprav	8534
PAD	bez_uprav	8808
PAD	bez_uprav	7834
PAD	bez_uprav	9220
PAD	bez_uprav	8217
PAD	bez_uprav	8063

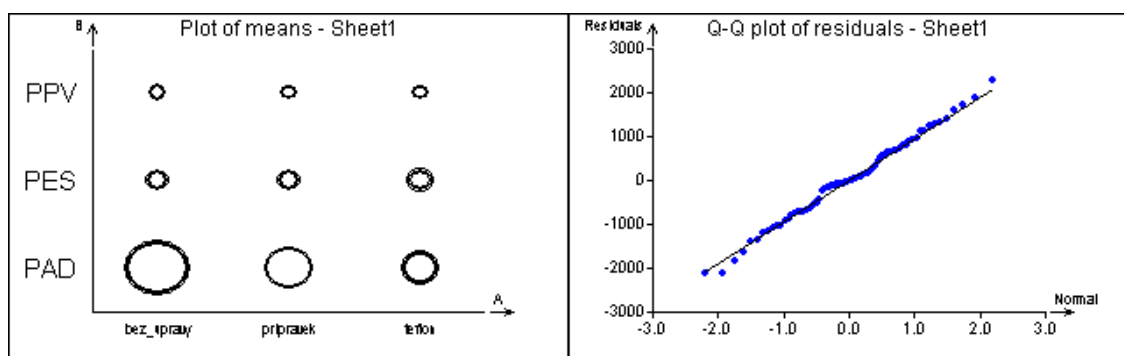
PAD	teflon	3416
PAD	teflon	4167
PAD	teflon	3411
PAD	teflon	4127
PAD	teflon	4320
PAD	teflon	3681
PAD	teflon	3895
PAD	teflon	4503
PAD	přípravek	5895
PAD	přípravek	6181
PAD	přípravek	6220
PAD	přípravek	6307
PAD	přípravek	6356
PAD	přípravek	6079
PAD	přípravek	5842
PAD	přípravek	5954
PES	bez úpravy	1628
PES	bez úpravy	1403
PES	bez úpravy	1573
PES	bez úpravy	1287
PES	bez úpravy	1677
PES	bez úpravy	1359
PES	bez úpravy	1512
PES	bez úpravy	1710
PES	teflon	1928
PES	teflon	2265
PES	teflon	2453
PES	teflon	1860
PES	teflon	1828
PES	teflon	1740
PES	teflon	2175
PES	teflon	2009
PES	přípravek	1656
PES	přípravek	1697
PES	přípravek	1446
PES	přípravek	1298
PES	přípravek	1385
PES	přípravek	1423
PES	přípravek	1450
PES	přípravek	1392
PPV	bez úpravy	686
PPV	bez úpravy	643
PPV	bez úpravy	742
PPV	bez úpravy	847
PPV	bez úpravy	907
PPV	bez úpravy	699
PPV	bez úpravy	820
PPV	bez úpravy	638
PPV	teflon	502
PPV	teflon	590
PPV	teflon	492
PPV	teflon	668
PPV	teflon	583
PPV	teflon	576
PPV	teflon	398
PPV	teflon	640
PPV	přípravek	547
PPV	přípravek	419
PPV	přípravek	479
PPV	přípravek	465
PPV	přípravek	395

PPV	přípravek	527
PPV	přípravek	502
PPV	přípravek	414

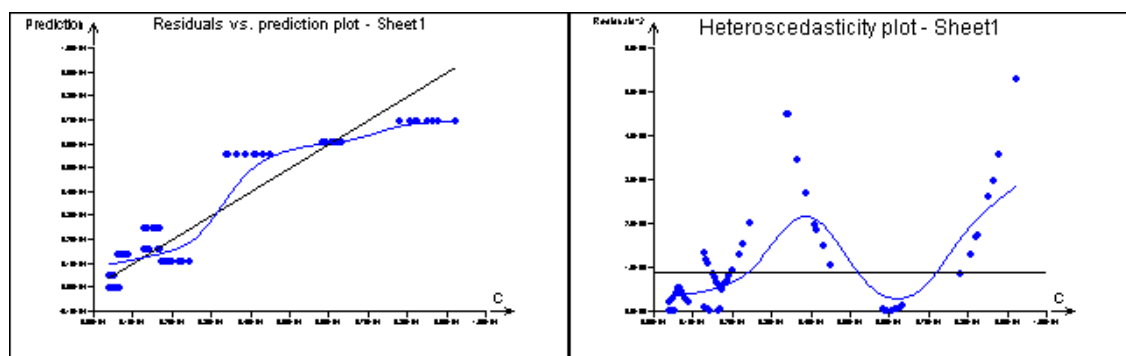
Tabulka č. C.3.2 Tabulka s výstupním protokolem

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Analysis of variance								
Task name :	Sheet1							
Data:	All							
Column First factor :	A							
Column Second factor :	B							
Column Response :	C							
Type of model	ballanced with replication							
Factors	levels							
A	PAD	PES	PPV					
B	bez_upravy	přípravek	teflon					
No of replications	8							
Table of means	C							
Levels	bez_upravy	přípravek	teflon					
PAD	8445,625	6104,25	3940					
PES	1518,625	1468,375	2032,25					
PPV	747,75	468,5	556,125					
Means for factor	A							
Level	PAD	PES	PPV					
Mean	6163,291667	1673,083333	590,7916667					
Means for factor	B							
Level	bez_upravy	přípravek	teflon					
Mean	3570,666667	2680,375	2176,125					
Overall mean	2809,055556							
Model parameters								
Factor	Levels of factor	Level contribution						
A	PAD	3354,236111						
A	PES	-1135,972222						
A	PPV	-2218,263889						

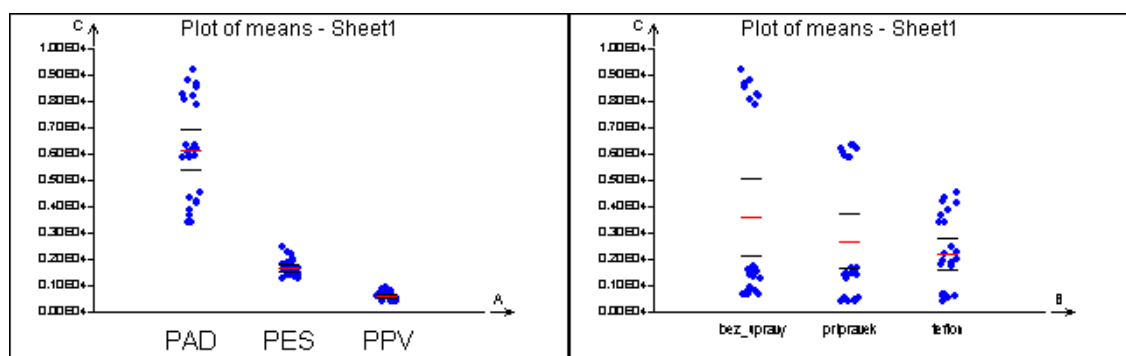
B	bez_uprav	761,6111111						
B	pripravek	-128,6805556						
B	teflon	-632,9305556						
ANOVA Table								
Source of variability	Sum of squares	Mean square	Degrees of freedom	Std deviation	F-statistic	Critical quantile	Conclusion	p-value
A	419088659	209544329,5	2	14475,6461	3574,42531	3,142808517	Significant	1,415E-65
B	23933070,19	11966535,1	2	3459,268	204,126192	3,142808517	Significant	2,96306E-28
Interaction	59195839,56	14798959,89	4	3846,94163	252,441939	2,517670458	Significant	5,06675E-38
Residuals	3693263	58623,22222	63	242,122329				
Total	505910831,8	7125504,673	71	2669,3641				



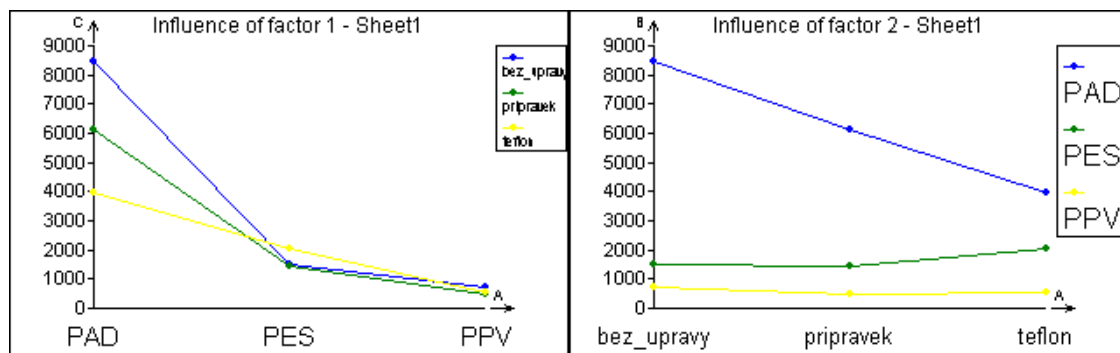
Obrázek č. C.3.1 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu



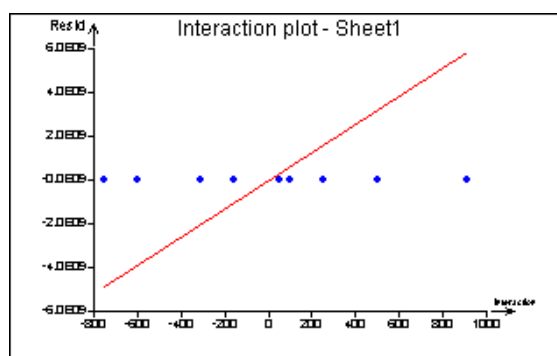
Obrázek č. C.3.2 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu



Obrázek č. C.3.3 Grafy pro dvoufaktorovou ANOVA analýzu rozptylu

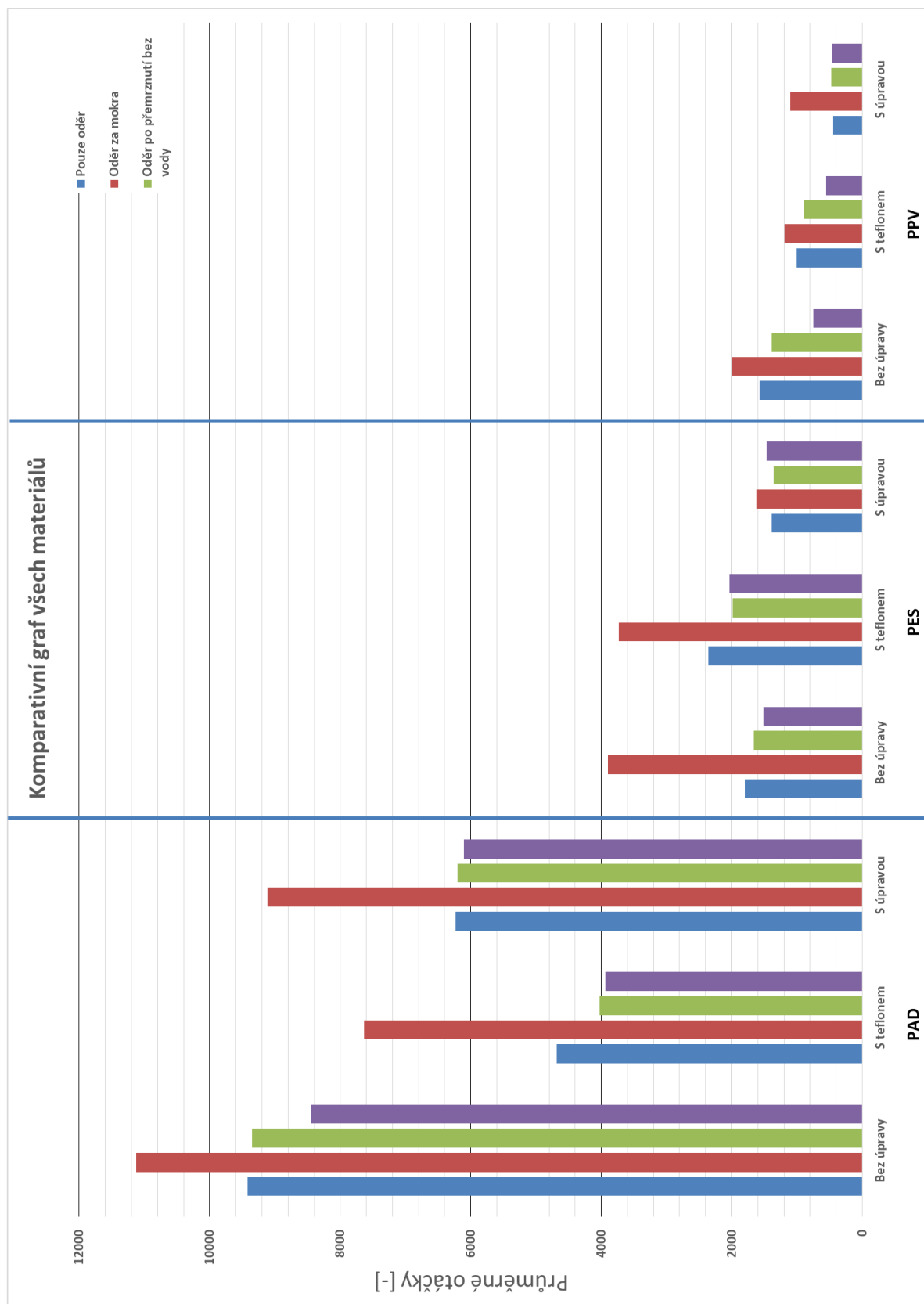


Obrázek č. C.3.4 Grafy pro dvoufaktrovou ANOVA analýzu rozptylu



Obrázek č. C.3.5 Graf pro dvoufaktrovou ANOVA analýzu rozptylu

Příloha D – Grafy



Obrázek č. D.1.1 Komparativní graf všech materiálů